

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

МОДУЛЬ «НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА»

*Методические рекомендации
к курсовому проектированию для студентов специальности
1-37 80 01 «Транспорт»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 629.083
ББК 39.33-08
М 79

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей»
«19» апреля 2023 г., протокол № 10

Составители: канд. техн. наук, доц. В. Д. Рогожин;
канд. техн. наук, доц. О. В. Билык;
канд. техн. наук, доц. Н. А. Коваленко

Рецензент канд. техн. наук, доц. И. В. Лесковец

Приведен порядок и требования для подготовки к выполнению курсовой работы по модулю «Научно-исследовательская работа» по специальности 1-37 80 01 «Транспорт».

Учебное издание

МОДУЛЬ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА»

| | |
|-------------------------|----------------|
| Ответственный за выпуск | О. В. Билык |
| Корректор | Т. А. Рыжикова |
| Компьютерная верстка | М. М. Дударева |

Подписано в печать 20.09.2023. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,44. Тираж 26 экз. Заказ № 1035.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

| | |
|--|---|
| Введение | 4 |
| 1 Требования к содержанию научно-исследовательской. работы | 5 |
| 1.1 Структура магистерской диссертации | 5 |
| 1.2 Тематика магистерских диссертаций для профилизации | |
| «Техническая эксплуатация транспортных средств»..... | 6 |
| 1.3 Порядок и регламент защиты магистерской диссертации | 6 |
| 2 Содержание и выполнение научно-исследовательской работы | 7 |
| 2.1 Общие требования..... | 7 |
| Список литературы | 7 |
| Приложение А Бланк задания на курсовую работу модуля | |
| «Научно- исследовательская работа»..... | 8 |
| Приложение Б Пример задания на курсовую работу модуля.... | |
| «Научно-исследовательская работа»..... | 9 |

Введение

Магистерская диссертация – самостоятельно выполненная научно-исследовательская работа, имеющая внутреннее единство, посвященная решению теоретической, экспериментальной или прикладной задачи соответствующей сферы профессиональной деятельности, свидетельствующая о личном вкладе автора в науку и (или) практику. [2].

Автомобилестроение – область материального производства, связанная с проектированием, производством и испытаниями автотранспортных средств.

Автотранспортные средства – транспортные средства, включающие автомобили, автопоезда, прицепы, полуприцепы, предназначенные для перевозки пассажиров и грузов.

Объектами профессиональной деятельности магистра являются: автотранспортные средства и тракторы, их узлы и механизмы в контексте их проектирования, испытаний, исследований, производства и эксплуатации; испытательное и другое специальное оборудование; приборы и устройства, применяемые при создании, доводке и модернизации автотранспортных средств.

Виды профессиональной деятельности магистра. Магистр должен быть компетентен в следующих видах деятельности:

- научно-педагогической и учебно-методической;
- научно-исследовательской;
- проектно-конструкторской;
- эксплуатационной;
- организационно-управленческой;
- инновационной.

Задачи профессиональной деятельности магистра. Магистр должен быть подготовлен к решению следующих задач профессиональной деятельности:

- подготовка и проведение занятий с обучающимися, руководство их научно-исследовательской работой, разработка учебно-методического обеспечения;
- использование достижений науки и передовых технологий в области проектирования и эксплуатации колесных и гусеничных машин;
- выработка и принятие обоснованных технических решений;
- планирование работы на основе системного анализа;
- научная организация инженерной и управленческой деятельности;
- создание и производство новых конструкций колесных и гусеничных машин;
- разработка новых методик испытаний и исследований колесной и гусеничной техники;
- оценка результатов производственной деятельности, в том числе технико-экономический анализ новых конструкций колесной и гусеничной техники.

1. Требования к содержанию научно-исследовательской работы магистранта

Магистерская диссертация при освоении содержания образовательной программы высшего образования II ступени, формирующей знания, умения и навыки научно-педагогической и научно-исследовательской работы и обеспечивающей получение степени магистра, является итогом научно-исследовательской работы обучающегося и представляет собой самостоятельное логически завершенное научное исследование, связанное с решением теоретической или научно-прикладной задачи [3].

1.1. Структура магистерской диссертации

Магистерская диссертация при освоении содержания образовательной программы высшего образования II ступени с углубленной подготовкой специалиста и обеспечивающей получение степени магистра представляет собой самостоятельную логически завершенную работу, связанную с разработкой научно-производственных, научно-педагогических, научно-исследовательских задач прикладного характера и творческих проблем, определяемых спецификой направления подготовки, и свидетельствующую об уровне профессиональной подготовки обучающегося [3].

Магистерская диссертация должна включать расчетно-пояснительную записку и графическую часть (чертежи, графики, схемы, диаграммы, таблицы, рисунки и другой иллюстративный материал), наглядно представляющую выполненную работу и полученные результаты. Графическая часть по решению выпускающей кафедры может быть представлена на защите магистерской диссертации в виде электронной презентации с распечаткой бумажного раздаточного материала для членов ГЭК. Наличие электронной презентации не исключает необходимость включения графической части в расчетно-пояснительную записку на бумажном носителе.

Расчетно-пояснительная записка включает:

титульный лист с указанием темы диссертации;

оглавление;

перечень условных обозначений (при необходимости);

общую характеристику работы;

введение;

основную часть, разбитую на главы, в которой приводится анализ научной литературы, описание использованных методов, оборудования и материалов, а также сущность и основные результаты исследования;

заключение (выводы);

список использованной литературы;

графический материал (в случае электронной презентации);

комплект конструкторских, технологических, программных и иных документов;

приложения (при необходимости);

иные части.

1.2 Тематика магистерских диссертаций для профилизации «Техническая эксплуатация транспортных средств»

Согласно п. 72 Правил [3] тематика магистерских диссертаций должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки, техники и культуры. Темы магистерских диссертаций обсуждаются на заседании кафедры.

Темы магистерских диссертаций и научные руководители утверждаются приказом руководителя учреждения высшего образования в течение двух месяцев после зачисления обучающихся для освоения образовательных программ высшего образования II ступени.

Основные направления тематики магистерских диссертаций для профилизации «Техническая эксплуатация транспортных средств»:

- совершенствование производственно-технической базы организаций автомобильного транспорта;
- разработка средств и методов для определения технического состояния систем и механизмов транспортных средств;
- разработка перспективных технологических процессов организации ТО и ТР транспортных средств организаций автомобильного транспорта.

Возможны и другие формулировки тематик по профилизации «Техническая эксплуатация транспортных средств».

1.3 Порядок и регламент защиты магистерской диссертации

Согласно п. 75 Правил [3] порядок и регламент защиты магистерской диссертации устанавливаются председателем ГЭК и включают:

- доклад обучающегося, осваивающего содержание образовательной программы высшего образования II ступени (15...20 минут) с использованием (по решению выпускающей кафедры) информационных технологий;
- чтение отзыва (выступление) руководителя и рецензии на магистерскую диссертацию;
- вопросы членов комиссии и ответы обучающегося.

При имеющихся замечаниях рецензента обучающийся должен ответить на них. Защита заканчивается предоставлением обучающемуся, осваивающему содержание образовательной программы высшего образования II ступени, заключительного слова, в котором он вправе высказать свое мнение по замечаниям и рекомендациям, сделанным в процессе защиты магистерской диссертации.

2 Содержание и выполнение научно-исследовательской работы

2.1 Общие требования

В соответствии с учебным планом специальности «Транспорт» и профилизации «Техническая эксплуатация транспортных средств», тема научной работы формулируется в рамках темы магистерской диссертации и является составной частью. Научно-исследовательская работа выполняется по заданию на проектирование. Пример бланка задания на курсовую работу приведен в приложении А.

Выполненная научно-исследовательская работа, включающая пояснительную записку (до 30–40 страниц формата А4) и графическую часть (1 листе формата А1), на защите оценивается комиссией, сформированной на кафедре.

Пример выполнения научно-исследовательской работы приведен в приложении Б.

Список литературы

1 Об изменении Кодекса Республики Беларусь об образовании: Закон Респ. Беларусь от 14, янв. 2022 г. № 154-З.м-308 с.

2 **ОСВО 1-37 80 01–2012.** Образовательный стандарт высшего образования второй ступени (магистратура) по специальности 1-37 80 01 «Транспорт» – Минск: М-во образования Респ. Беларусь 2012. – 15 с.

3 Правила проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования: постановление М-ва образования Респ. Беларусь, 29 мая 2012 № 53 – 34 с.

Приложение А (обязательное)

Бланк задания на курсовую работу модуля «Научно-исследовательская работа»

**БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ ЗАОЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Утверждаю

Заведующий кафедрой ТЭА

_____ О. В. Билык

« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по дисциплине
«Научно-исследовательская работа»

Студенту гр. МтрЗ-_____ (фамилия, имя, отчество)

Тема

Исходные данные для проектирования (заполняются по согласованию с руководителем)

Содержание пояснительной записки (30–40 страниц формата А4)

Введение

Цель и задачи исследования

1 Раздел 1

2 Раздел 2

...

2.6 Практическая значимость и научная новизна

Заключение

Список литературы

Приложения

3 Графическая часть (1 лист формата А1) с результатами исследований: классификации исследуемых объектов (процессов и т.п.), схемы конструкций и технологических процессов, графические зависимости (тренды) и т. п.

4 Календарный график курсового проектирования

4.1 Пояснительная записка _____ 20__ г., ГЧ _____ 20__ г.

4.2 Рецензирование курсовой работы _____ 20__ г.

4.3 Защита курсовой работы состоится по расписанию лабораторно-экзаменационной сессии _____ учебного года на ИФЗО

Руководитель _____

Подпись _____ (инициалы, фамилия)

Задание принял магистрант _____

(дата)

(подпись)

Приложение Б (обязательное)

Пример выполнения курсовой работы модуля «Научно-исследовательская работа»

**БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ ЗАОЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Утверждаю

Заведующий кафедрой ТЭА

_____ О. В. Билык

« ____ » _____ 20__

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по дисциплине
«Научно-исследовательская работа»

Обучающемуся гр. МтрЗ-_____ (фамилия, имя, отчество)

Тема работы «Методики диагностирования и виды испытаний дизельных двигателей».

Исходные данные: автомобильный дизельный ДВС

Содержание пояснительной записки (30- 40 страниц формата А4)

Введение

Цель и задачи исследования

1. Методики диагностирования и виды испытаний дизельных ДВС

1.1 Выявление неисправностей. Стратегия поиска неисправностей

1.2 Самодиагностика дизельных ДВС

2. Диагностирование топливной аппаратуры дизельных ДВС

2.1. Методы технологического диагностирования топливной аппаратуры

2.2 Виброакустический метод диагностирования ТА дизельного ДВС

2.3 Параметрические методы диагностирования ТА дизельного ДВС

3 Характеристики дизельных ДВС

3.1 Нагрузочная характеристика дизельного ДВС

3.2 Регуляторная характеристика дизельного ДВС

3.3 Частичные скоростные характеристики дизельного ДВС

Заключение

Список литературы

Приложения

Графическая часть (1 лист формата А1). ГЧ с результатами исследований (классификации, конструкции, схемы технологических процессов, графики, таблицы, формулы и т.п.).

Календарный график курсового проектирования:

пояснительная записка _____ 20__, ГЧ _____ 20__ ;

рецензирование курсовой работы _____ 20__;

защита курсовой работы – по расписанию лабораторно-экзаменационной сессии _____ учебного года на ИФЗО.

Руководитель _____

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Задание принял _____

(подпись, расшифровка)

(дата)

Рисунок Б.1 – задание на курсовую работу

Введение

Современные средства автомобильной диагностики, как правило, ориентированы на определенные марки машин и по логике зарубежных автопроизводителей предназначены для выявления до 90 % всех возникающих неисправностей. Проблемы, относящиеся к 10 % неисправностей, по их мнению, следует решать заменой узлов, агрегатов, блоков управления, не вдаваясь в суть их неисправности. Этому правилу следуют в специализированных дилерских центрах, в том числе и отечественных. Но в условиях Беларуси, где стоимость деталей выше, а их доступность ниже, чем в странах Западной Европы, США и Японии, идти по пути блочной замены неоправданно дорого. Следовательно, неавторизованные СТО, проводя более тщательную диагностику и исключая неоправданные замены исправных деталей, могут получить конкурентные преимущества, но для этого требуется дополнительное диагностическое оборудование.

Для диагностики современных иностранных автомобилей используется узкоспециализированное оборудование, ориентированное на конкретные марки. Выпускаемое в нашей стране универсальное диагностическое оборудование в основном ориентировано на диагностику отечественных автомобилей.

В последние годы количество приобретенных легковых автомобилей с дизельными агрегатами в Европе насчитывает более 50 % от общего числа, в России это число близится к 15 %, а в Беларуси к 20 %. Рост цен на горючее, а в особенности на дизельное топливо, давно привлекает всеобщее внимание, и вокруг дизельных технологий не стихают споры. В то же время аргументы в пользу дизеля сегодня убедительны как никогда.

Несмотря на то, что современные технологии, например, прямой бензиновый впрыск и концепция минимизации, помогают и далее совершенствовать бензиновые двигатели, сокращая расход топлива, дизели по-прежнему превосходят их в этом отношении: потребность дизельных двигателей в горючем также снизилась в последние годы и продолжит снижаться в будущем. Современные дизели расходуют примерно на 30 % меньше топлива, чем бензиновые моторы с прямым впрыском того же поколения. Дизельный автомобиль компактного класса предыдущего поколения экономичнее бензиновых моторов с прямым впрыском на 31 % а последнего поколения на 29 %. Во многих классах автомобилей дизель по-прежнему лидирует с точки зрения общих годовых эксплуатационных издержек. Даже при том, что стоимость покупки, налоги и страховая сумма для дизелей выше, чем для бензиновых автомобилей, 30-процентная экономия топлива компенсирует разницу в затратах.

Цель и задачи исследования

Цель исследования – разработка универсального метода диагностирования автомобильных дизельных двигателей (далее – ДВС), позволяющего проводить углубленную диагностику ДВС.

Задачи для достижения цели – обзор методов и средств диагностирования дизельных ДВС, определение стратегии поиска неисправности.

1. Методики диагностирования и виды испытаний дизельных ДВС

К основным показателям дизельного двигателя внутреннего сгорания относятся мощность, крутящий момент и расход топлива. При эксплуатации со временем происходит изменение регулировочных параметров, возникают неисправности, которые сопровождаются уменьшением мощности и увеличением расхода топлива. Как следствие, растут эксплуатационные затраты. В настоящее время разработаны различные стенды, приспособления, устройства и методы для оценки отдельных параметров технического состояния ДВС, различия которых заключаются в выборе групп диагностических параметров и выявлении формы их функциональных связей со структурными параметрами [1, Приложение к примеру].

1.1. Выявление неисправности. Стратегия поиска неисправностей.

Для выявления неисправности в первую очередь необходимо у владельца диагностируемого автомобиля досконально выяснить, при каких условиях она возникла. Для этого существует такой документ как опросный лист, примерная структура которого приведена ниже. [2, Приложение к примеру]

Структура опросного листа.

Неисправность:

А) Является ли неисправность длительной?

да нет

Б) При каких условиях наступает неисправность?

после км пробега _____

при частоте вращения _____ об/мин

при скорости _____ км/ч

на передаче _____

при езде

с постоянной скоростью да нет

при ускорении да нет

на принудительном хх да нет

при холодном прогревом двигателя

В) Мощность двигателя

нормальная

низкая

высокая

Г) Расход топлива

нормальный

низкий

высокий

Д) Как эксплуатируется транспортное средство?

- при коротких поездках
 - при продолжительных поездках
 - полностью нагруженным
 - ненагруженным
- Е) Автомобиль был заправлен бензином или дизельным топливом?
- бензин
 - дизельное топливо

После опроса предварительное предположение должно быть подтверждено проведенными затем измерениями. Выбор измерений определяется наличием оборудования для диагностики и необходимыми затратами времени. Для электронных систем с самодиагностикой сначала считывают информацию из памяти неисправностей. Преимущество метода состоит в легком доступе к информации и возможности предварительной диагностики всех имеющихся электронных блоков. Разумеется, эффект от применения этого метода не должен переоцениваться, т. к. блок управления контролирует другие блоки большей частью лишь по конечному результату.



Рисунок 2.1 – Общий алгоритм поиска неисправности в ДВС

При неудовлетворительно работающем двигателе из памяти неисправностей может поступать сообщение о том, что они отсутствуют. В этом случае с целью выявления неисправности целесообразно действовать согласно алгоритму (рисунок 1.1) для проверки блоков, которые не определяются самодиагностикой.

Проверку работы механизмов двигателя и системы впрыска топлива необходимо осуществлять измерением компрессии и давления подачи топлива. При плохом пуске, низкой мощности двигателя или дымном выхлопе рационально

провести замер дымности ОГ дымомером типа «Хартридж». Преимущество такого замера – в легком доступе к выпускной трубе, которая даже в эру вездесущих пластмассовых кожухов пока еще находится снаружи автомобиля.

Действуя последовательно, методом исключения исправных блоков, можно выделить неисправный конструктивный элемент. Когда дефектный блок будет установлен – либо обнаружением в памяти неисправностей, либо с помощью соответствующих тестов — дефектная часть блока должна быть определена дальнейшими измерениями. Например, блок измерения температуры охлаждающей жидкости состоит из датчика температуры охлаждающей жидкости, электрических проводов, соединительных колодок и соответствующей части блока управления. В памяти неисправностей может оказаться испорченным один из вышеназванных конструктивных элементов. Измерением напряжения или сопротивления неисправный конструктивный элемент может быть окончательно определен и заменен. Такой метод проверки может потребовать очень много времени, однако в сложных случаях он является единственным, действительно приводящим к положительному результату.

1.2. Самодиагностика дизельных ДВС

Все современные блоки управления передают на считывающее устройство замеренные параметры, относящиеся к наиболее значимой части самодиагностики [2, Приложение к примеру]. Данные можно вызвать для всех рабочих состояний двигателя, начиная с включения выключателя стартера и свечей накаливания. Многие блоки управления показывают также соответствующие заданные параметры и дают быстрое сравнение заданных и действительных значений. Имея таблицу данных, можно за короткое время получить полную информацию о работе блока управления. При всех преимуществах, которые дает просмотр таблицы данных, у этого метода диагностики имеются определенные ограничения по скорости передачи данных из блока управления в принимающие устройства и датчики. Считается, что чем больше передается данных, тем медленнее идет обновление измеряемых величин и тем менее точно, таким образом, определяются отклонения от заданных значений. Поэтому для целенаправленного поиска неисправности необходимо отображать только те величины, которые требуются для повторного тестирования подсистемы. В случае предположения, что ранее уже было несколько безуспешных поисков неисправности, память неисправностей следует стереть и провести пробные поездки — до тех пор, пока неисправность не возникнет снова. Тем самым можно избежать опасности, что память неисправностей покажет их во всех тестах, которые, например, проводились с рассоединенными разъемами.

Зачастую на явно неисправных транспортных средствах самодиагностика не определяет никаких повреждений или неправильно устанавливает причину неисправности. При гидродинамических или механических неисправностях самодиагностика либо слепа, либо выдает неправильные заключения. Ограниченные возможности системы самодиагностики можно продемонстрировать на примере датчика температуры. Мерой температуры для блока управления слу-

жит падение напряжения на термисторе с отрицательным температурным коэффициентом. Разработчик устанавливает допустимый диапазон температур, например, от -40 до $+140$ °С. Для блока управления все сигналы, соответствующие этому диапазону температур, находятся в области напряжений от 0,5 до 4,5 В. Только когда напряжение выходит из этой «зеленой области», блок управления устанавливает ошибку, которая соответствует либо короткому замыканию ($U_s = 0$ В), либо обрыву. Однако, если из-за повышенного переходного сопротивления в электрическом разъеме измеряется слишком низкая температура, а напряжение сигнала при этом не вышло из «зеленой области», блок управления посчитает эту информацию правильной и будет использовать ее, например, при расчете начала впрыскивания топлива или величины пусковой подачи топлива. Эти соображения относятся ко всем датчикам, у которых величина напряжения сигнала является мерой таких физических величин, как расход воздуха, давление наддува, положение педали подачи топлива и т. д. Отсюда следует, что сообщение блока управления «неисправность отсутствует» не всегда означает исправность блока. Даже если память неисправностей содержит сообщение о дефекте в блоке, необходимо быть начеку. При помощи системы само диагностики блок управления производит мониторинг узла, который в нашем примере состоит из датчика температуры, жгута проводов с разъемами и блока питания. Прежде чем заменить датчик температуры, нужно с помощью дальнейших измерений убедиться, что неисправность действительно связана с дефектом датчика температуры, а не с дефектом жгута проводов или блока управления. Эти измерения будут иметь тем большее значение, чем выше стоимость неисправной детали.

Тем не менее в существующих в настоящее время системах нельзя отказываться от использования самодиагностики. В будущем во все более сложных электронных системах указание на возможную неисправность можно будет получать читая память неисправностей. Возможно предположить, что с широким внедрением протокола бортовой диагностики (OBD) глубина самодиагностики существенно расширится [2, Приложение к примеру].

2. Диагностирование топливной аппаратуры дизельных ДВС

2.1. Методы технологического диагностирования топливной аппаратуры

В большинстве случаев изменение характеристик дизеля вызывается неисправностями топливной аппаратуры (далее – ТА), на которую приходится 45–60 % всех отказов, возникающих в дизельном двигателе [1, Приложение к примеру].

Основной причиной возникновения неисправностей в узлах ТА дизельных двигателей является износ. Наибольшее влияние на работу системы топливоподачи оказывает износ прецизионных узлов, таких как плунжерная пара, нагнетательный клапан и распылитель. Определяющими видами изнашивания являются гидрообразивное и эрозионно-кавитационное. В результате таких видов изнашивания имеет место местный износ в сопряжениях прецизионных узлов.

Поэтому работы, направленные на разработку методов, способов и средств технического диагностирования ТА являются актуальными. В настоящее время разработаны различные стенды, приспособления, устройства и методы для оценки отдельных параметров технического состояния ДВС, различия которых заключаются в выборе групп диагностических параметров и выявлении формы их функциональных связей со структурными параметрами. В тоже время, обнаружение большинства отказов в ТА затруднительно, в связи с постепенным их возникновением, а также вследствие того, что их влияние на выходные показатели дизеля аналогично влиянию отказов в системах воздухообеспечения и газораспределения. Для целей технической диагностики ТА можно произвести разделение всех методов диагностирования на три основные группы (рисунок 1.2.)



Рис. 2.1 – Методы технического диагностирования ТА дизельных ДВС

Методы технического диагностирования, не требующие разборки ТА дизельных ДВС зарекомендовали себя как универсальные и оперативные, позволяющие комплексно оценить состояние. Для диагностирования применяется сложное электронное оборудование, которое требует высокой квалификации мастера-диагноста. Наиболее перспективными, являются такие методы как: виброакустический, по анализу комплексных параметров, по параметрам рабочих процессов.

2.2 Виброакустический метод диагностирования ТА дизельного ДВС

Виброакустический метод может быть использован для определения технического состояния таких элементов ТА, как топливный насос высокого давления (ТНВД), форсунки и топливоподкачивающий насос. Метод основан на

регистрации виброакустических сигналов, которые возникают в процессе работы ДВС и дальнейшем их анализе с целью определения неисправного элемента системы. Достоинством виброакустического метода диагностирования является отсутствие разборочно-сборочных операций, простой способ закрепления первичных преобразователей на объекте диагностирования, а такие новые методы, как лазерная вибродиагностика допускают бесконтактный съем сигнала. Недостатком данного метода является обработка, интерпретация диагностической информации, распознавание параметров и дефектов, эти процессы достаточно сложны и трудоемки, а полученные значения не достаточно информативны.

2.3 Методы диагностирования ТА дизельного ДВС по параметрам

2.3.1. Диагностирования ТА дизельного ДВС по комплексным параметрам. Наиболее часто в практике используют методы диагностирования по анализу комплексных параметров для определения технического состояния дизельного ДВС и его систем в целом. К комплексным параметрам диагностирования дизельных ДВС относятся: мощность, среднее эффективное давление, крутящий момент, расход топлива и коэффициент полезного действия. Перечисленные параметры находятся в тесной корреляционной связи с неисправностями в работе таких систем и механизмов двигателя как: механизм газораспределения, топливная система, система воздухообеспечения, система смазки, система охлаждения, кривошипно-шатунный механизм и т.д.

Общим недостатком подходов к диагностированию ТА по анализу комплексных параметров является влияние других систем ДВС на их изменение. Это увеличивает время поиска конкретной неисправности, трудоемкость и стоимость диагностирования. Наиболее эффективно оценить техническое состояние ТА возможно по *параметрам рабочих процессов*.

2.3.2. Метод диагностирования ТА дизельных ДВС по параметрам рабочих процессов. Данный метод основан на измерении параметров частотно-временной группы, которыми характеризуется большинство процессов ДВС. Качество протекания процесса впрыскивания и состояние деталей ТА могут быть оценены по таким основным показателям, как:

- угол опережения подачи топлива;
- продолжительность впрыскивания;
- максимальное и среднее давление впрыска топлива;
- фактор динамичности цикла, представляющий отношение количества топлива, подаваемого в цилиндр двигателя за период задержки воспламенения, к цикловой подаче топлива, и др.

При диагностировании ТА по указанным характеристикам, анализ ее работоспособности проводят по осциллограммам процесса впрыскивания топлива, путем выделения характерных участков. Осциллограммы получают в установившихся режимах работы при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя. По осциллограммам давления впрыскивания топлива обнаруживают большинство неисправностей ТА. Диагностирование проводят путем сравнения

эталонной и исследуемой осциллограмм, снятых на одном и том же режиме работы двигателя.

2.3.3. Методы диагностирования ТА по параметрам отработавших газов. Методы диагностирования ТА по параметрам отработавших газов является универсальным и позволяет регистрировать неисправную работу ТА дизельных ДВС. Однако параметры отработавших газов являются функцией как ТА, так и технического состояния агрегатов наддува, цилиндропоршневой группы ДВС и др. В результате данные методы являются недостаточно объективными из-за большого количества факторов, влияющих на параметры отработавших газов, и подходят только для постановки предварительного диагноза.

2.3.4. Методы технического диагностирования ТА, требующие частичной или полной ее разборки. Методы диагностирования ТА, требующие частичной или полной ее разборки, достаточно просты. Эти методы в основном требуют от мастера-диагноста знания конструкции ДВС и устройства составляющих элементов системы ТА, которые описаны в различных нормативно-технических и эксплуатационных документах, а также в специализированной сервисной литературе. Недостатки данных методов сводятся к необходимости в частичной или полной разборки элементов ТА ДВС, что увеличивает время постановки диагноза и снижает надежность ТА в целом, т. к. при разборочно-сборочных работах элементы питания подвергаются загрязнению.

3. Характеристики дизельных ДВС

3.1. Нагрузочная характеристика дизельного ДВС

Нагрузочную характеристику дизельного ДВС следует определять при постоянной частоте вращения путем последовательного увеличения подачи топлива в пределах изменения нагрузки от нуля до соответствующей полной подачи.

Нагрузочной характеристикой дизеля называют зависимость основных показателей двигателя (например, удельного и часового расходов топлива, коэффициента избытка воздуха) от степени загрузки дизеля N_e при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя (рисунок 3.1).

Серия таких характеристик, снятых при различных, но постоянных скоростных режимах дизеля, дает возможность устанавливать в зависимости от нагрузки для каждой частоты вращения коленчатого вала часовой и удельный расходы топлива и определять g_{emin} . По серии нагрузочных характеристик можно построить скоростные характеристики дизеля.

Изменение мощности дизельного ДВС при снятии нагрузочной характеристики осуществляют увеличением или уменьшением количества топлива, впрыскиваемого за цикл (при почти неизменном количестве воздуха), достигаемым изменением положения рейки топливного насоса.

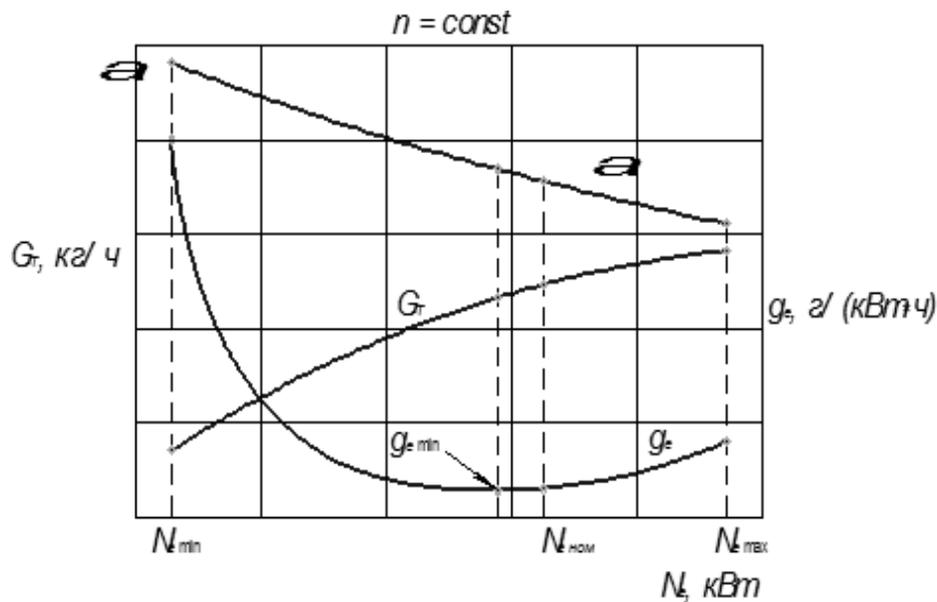


Рисунок 3.1 – Нагрузочная характеристика дизельного ДВС

Увеличение параметра G_T с возрастанием нагрузки приводит к уменьшению α , a , следовательно, к снижению индикаторного КПД рабочего цикла η_i двигателя. С увеличением нагрузки возрастает механический КПД дизельного ДВС η_m .

Резкое уменьшение g_e при переходе от холостого хода к малым нагрузкам вначале вызывается одновременным увеличением η_i и η_m . При дальнейшем увеличении нагрузки η_i уменьшается, но более резко возрастает η_m , вследствие чего g_e продолжает плавно снижаться, достигая своего минимального значения при максимальной величине произведения $\eta_i \cdot \eta_m$.

При дальнейшем увеличении нагрузки g_e начинает расти из-за преобладающего влияния ухудшающегося теплоиспользования – снижается η_i . Увеличение нагрузки на коленчатом валу ДВС сопровождается повышением дымности отработавших газов, которая, при определенном значении мощности, достигает предельно допустимого значения. Длительная работа дизельного ДВС на режиме максимальной мощности недопустима вследствие ухудшения экономичности, перегрева, появления черного дыма и снижения долговечности. Поэтому на практике мощность дизельного ДВС несколько ограничивают.

3.1.2. Методика снятия нагрузочной характеристики дизельного ДВС. Нагрузочные характеристики снимаются для наиболее характерных частот вращения коленчатого вала дизельного ДВС. Переход от одной опытной точки к другой при снятии нагрузочной характеристики осуществляется изменением положения рычага управления всережимным регулятором. Постоянная частота вращения коленчатого вала при этом обеспечивается тормозом [11].

Регулировка топливного насоса дизельного ДВС при снятии этой характеристики должна соответствовать эксплуатационной.

Нагрузочную характеристику дизельного ДВС снимают в следующей последовательности.

а) запустить дизельный ДВС и дать ему поработать с постоянной частотой вращения коленчатого вала ($n = 1000 \text{ мин}^{-1}$) 3 – 5 мин;

б) плавно увеличивая подачу топлива, установить частоту вращения коленчатого вала на уровне $1300 - 1500 \text{ мин}^{-1}$ и закрепить рычаг управления подачей топлива в данном положении;

в) замерить время расхода топлива, зафиксировать полученное значение времени расхода топлива, текущее значение частоты вращения коленчатого вала и величину нагрузки на коленчатом валу двигателя;

г) увеличить нагрузку на коленчатом валу двигателя;

д) повторяя пункты 2 и 4, снять 6 – 8 точек нагрузочной характеристики;

е) отключить нагрузку на коленчатом валу двигателя и установить рычаг управления подачей топлива в положение, при котором двигатель устойчиво работает на холостом ходу;

ж) дать поработать двигателю на режиме холостого хода 3 – 5 минут и затем остановить, отключив подачу топлива поворотом рычага в крайнее положение.

После окончания процесса снятия характеристики по экспериментальным данным, а также по расчетным данным, полученным при использовании соответствующих формул, заполняется протокол испытаний. По данным протокола испытаний строится нагрузочная характеристика дизельного ДВС. При этом обычно по оси абсцисс откладываются значения эффективней мощности N_e в кВт или процентах, считая за 100% максимальную мощность, развиваемую двигателем при рассматриваемой частоте вращения, а по оси ординат – полученные значения часового G_T и удельного расходов топлива q_e .

Для двигателей нагрузочные характеристики снимают на нескольких скоростных режимах, охватывающих эксплуатационный диапазон изменения частоты вращения коленчатого вала. По этой серии нагрузочных характеристик можно построить внешнюю и частичные скоростные характеристики двигателя.

3.2. Регуляторная характеристика дизельного ДВС

Регуляторная характеристика дизельного ДВС характеризует показатели работы двигателя со всережимным регулятором и принятыми для условий эксплуатации регулировками во всем диапазоне нагрузок от холостого хода до максимального крутящего момента.

Регуляторную характеристику дизельного ДВС следует определять при положении органа управления регулятором частоты вращения, соответствующем полной подаче топлива. Частичные регуляторные характеристики следует определять при положениях органа управления регулятором частоты вращения, соответствующих частичной подаче топлива. Характеристики следует определять путем последовательного увеличения нагрузки от нулевой до полной и затем снижения нагрузки до достижения частоты вращения, составляющей не более 85 % частоты вращения при максимальном крутящем моменте.

На регуляторной характеристике участок 1–2 (рисунок 3.2.) соответствует работе дизеля «на регуляторе», а участок 2–3 – его работе по внешней скоростной характеристике. Работа дизеля по регуляторной характеристике (участок 1–2) соответствует примерно работе дизеля по нагрузочной характеристике, т. е. она происходит при изменении нагрузки от холостого хода до макси-

мально возможной величины и при практически постоянной частоте вращения коленчатого вала.

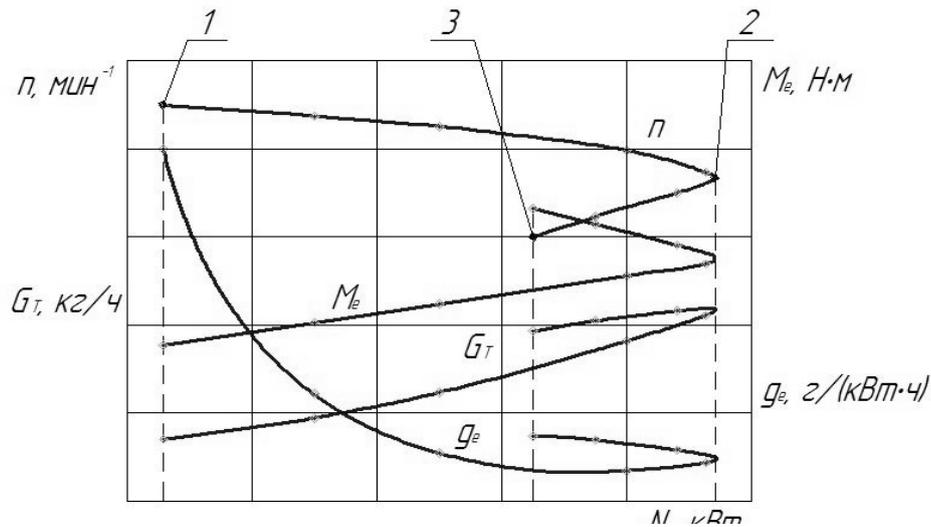


Рис. 3.2 – Регуляторная характеристика дизельного ДВС

3.2.1. Методика снятия регуляторной характеристики дизельного ДВС. Регуляторная характеристика снимается при работе дизеля с регулятором, имеющим заводскую регулировку, или с оптимальной регулировкой, полученной при испытании. При этом производится ряд замеров необходимых показателей с последовательным увеличением нагрузки от холостого хода до максимальной мощности и затем до получения максимального крутящего момента. При снятии характеристики следует придерживаться следующей последовательности:

а) запустить двигатель и дать ему поработать с постоянной частотой вращения коленчатого вала ($n = 1000 \text{ мин}^{-1}$) 3...5 мин;

б) плавно увеличивая подачу топлива, установить частоту вращения коленчатого вала на уровне $1300...1500 \text{ мин}^{-1}$ и закрепить рычаг управления подачей топлива в неподвижном состоянии;

в) замерить время расхода топлива, зафиксировать полученное значение времени расхода топлива, текущее значение частоты вращения коленчатого вала и величину нагрузки на коленчатом валу двигателя в постовых бланках;

г) увеличить нагрузку на коленчатом валу двигателя;

д) повторяя пункты 3 и 4, снять 6–8 точек регуляторной характеристики;

е) отключить нагрузку на коленчатом валу двигателя и установить рычаг управления подачей топлива в положение, при котором двигатель устойчиво работает на холостом ходу;

ж) дать поработать двигателю на режиме холостого хода 3...5 мин. и остановить двигатель, отключив подачу топлива поворотом рычага в крайнее положение;

3.3. Частичные скоростные характеристики дизельного ДВС

Частичные скоростные характеристики, представляющие собой зависимости, аналогичные внешней скоростной характеристике, но полученные при неизменном промежуточном положении дросселя, соответствующем неполной подаче топлива (частичное открытие дросселя), называются частичными скоростными характеристиками (рисунок 2.5).

Эти характеристики двигателя снимаются для получения данных, необходимых при расчетах тяговых и экономических качеств автомобиля. Частичные скоростные характеристики снимают так же, как и внешние, но при некоторых промежуточных положениях дроссельной заслонки, постоянных для каждой характеристики. Снимают обычно серию частичных скоростных характеристик, например, при 20 %, 40 % и 60 % открытии дроссельной заслонки, чтобы охватить весь диапазон работы двигателя при частичных нагрузках [11].

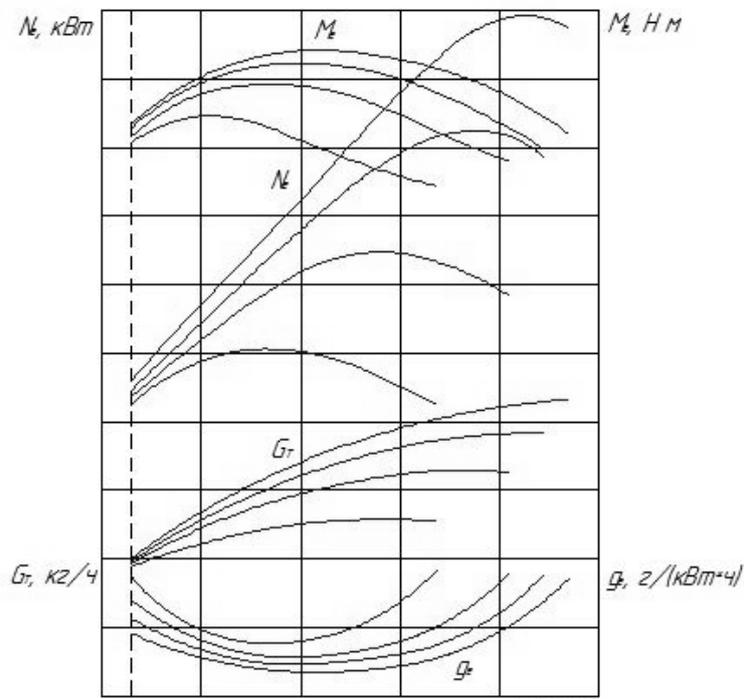


Рисунок 3.3 – Частичная характеристика дизельного

3.3.1. Методика снятия частичных скоростных характеристик дизельного ДВС.

Перед снятием скоростной характеристики двигатель прогревают до достижения рабочей температуры, для этого дают ему поработать с постоянной частотой вращения коленчатого вала ($n = 1000 \text{ мин}^{-1}$) 3...5 мин, после чего двигатель притормаживают (нагружают тормозным моментом) и открывают дроссельную заслонку до необходимого промежуточного положения. Снятие скоростной характеристики выполняется в следующей последовательности.

а) начинают с минимально устойчивой частоты вращения коленчатого вала. Для достижения этого, постепенно увеличивая нагрузку на тормоз, снижают частоту вращения коленчатого вала до тех пор, пока двигатель не начнет работать неравномерно и с перебоями;

б) уменьшая нагрузку на тормозе, увеличивают частоту вращения коленчатого вала до выявления минимально устойчивой частоты вращения, при которой двигатель работает равномерно и без перебоев;

в) далее двигателю дают поработать на выбранном скоростном режиме не менее 1 мин для установления стабильного теплового состояния (во избежание изменения режима во время снятия показаний) и заносят в постовые бланки испытаний показания весов тормоза, время расхода контрольной порции топлива и частоту вращения коленчатого вала.

г) после записи всех измеренных величин двигатель постепенно разгружают до установления нового, увеличенного скоростного режима двигателя. Затем производят измерения, записывая их в постовые бланки испытаний.

д) разгрузку двигателя для достижения новых скоростных режимов и измерения при различной частоте вращения коленчатого вала производят до выявления максимального значения мощности N_e . После этого дополнительно производят измерения при частоте вращения коленчатого вала, на 10 % превышающей частоту вращения при соответствующей максимальной мощности. Всего при снятии скоростной характеристики должно быть произведено не менее 6 – 8 измерений каждой величины, т. е. каждая кривая скоростной характеристики проводится по 6 – 8 точкам.;

е) дать поработать двигателю на режиме холостого хода 3...5 мин и затем заглушить его, отключив подачу топлива.

После окончания снятия характеристики по полученным стендовым данным, а также по расчетным данным, полученным при использовании соответствующих формул, заполняется протокол испытаний.

Заключение

В данной курсовой работе рассмотрены методики диагностирования дизельных ДВС, их характеристики, методики снятия характеристик.

Научная новизна исследования заключается в том, что настоящая работа представляет собой разработку метода диагностирования современных дизельных двигателей импортных производителей «Cummins Inc.», «Mercedes-Benz», «DEUTZ AG» и др. с последующим внедрением на предприятия, организации, СТО на территории РБ.

Практическая ценность. Разработанный метод диагностирования дизельных двигателей может быть использован в неавторизованных СТО при совместном использовании со специализированным диагностическим оборудованием для диагностики значительного спектра моделей автомобилей. При одновременном повышении результативности и качества диагностики, значительно возрастает процент неисправностей, выявленных на стадии диагностики, а не в процессе ремонта.

Список литературы

- 1 **Крашенинников, С. В.** Современные подходы к диагностированию дизельных двигателей внутреннего сгорания / С. В. Крашенинников // Вестник Новосибир. гос. пед. ун-та. – 2013. – № 2. С. 59.
- 2 **Гюнтер, Г.** Диагностика дизельных двигателей. Серия «Автомеханик» / Г. Гюнтер – Москва: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.
- 3 Технологическое оборудование для улучшения топливной экономичности и снижения токсичности отработавших газов на транспорте / В. В. Геращенко [и др.] – Могилев, 1996. – 116 с.
- 4 **Геращенко, В. В.** Основы проектирования элементов и систем управления строительными и дорожными машинами / В. В. Геращенко, М. Я. Ясюкович Могилев, 1996. – 102 с;
- 5 **Дьяконов, В.** Simulink 4: специальный справочник / В. Дьяконов. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 528 с.: ил.
- 6 **Черных, И. В.** Simulink: инструмент моделирования динамических систем / И. В. Черных – Москва: Техноперспектива, 2003. – 252 с.
- 7 **Дураев, Н. Н.** Имитационная модель дизельного двигателя для исследования его рабочих характеристик на переменной частоте вращения / Н. Н. Дураев, Изв. Том.политехн. ун-та, – 2012. – 52 с.
- 8 Обкаточно-тормозной стенд дизеля. Устройство [Электронный ресурс]: НТЦ «Техническая диагностика и прецизионные измерения». – 2001–2014. – режим доступа: <http://www.diag-meas.ru/ststenddizel.html>.
- 9 Осциллографы и мультиметры [Электронный ресурс]. – О транспорте и перевозках – 2015. – режим доступа: <http://www.transportgood.ru/tgos-291-1.html>.
- 10 **Хрулев, А. Э.** Ремонт двигателей зарубежных автомобилей
- 11 Двигатели внутреннего сгорания: В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов: учебник для вузов / В. Н. Луканин, [и др.]; под ред. В. Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2005. – 400 с.: ил.
- 12 **Резников, А. В.** Особенности конструкции дизельных ДВС для легковых автомобилей и проблемы их диагностирования / А. В. Резников, В. Д. Рогожин // – Могилев; Белорус.-Рос. ун-т. 2014.
- 13 **ГОСТ 14846-81.** Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – Взамен ГОСТ 14846-69; введ. с 01.01.1982. – Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 41 с.