

*Рыбаков Александр Сергеевич, студент, магистрант*

*Санкт-Петербургский горный университет*

*Россия, г. Санкт-Петербург*

*E-mail: [SunoFisher@yandex.ru](mailto:SunoFisher@yandex.ru)*

*Афанасьев Александр Сергеевич, канд. воен. наук, профессор*

*Санкт-Петербургский горный университет*

*Россия, г. Санкт-Петербург*

*E-mail: [a.s.afanasev@mail.ru](mailto:a.s.afanasev@mail.ru)*

## **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ПАРАМЕТРАМ СОПУТСТВУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ В РЕЖИМЕ КОМПРЕССОРНОГО ЦИКЛА**

**Аннотация:** В статье рассмотрен разработанный метод диагностирования – определения относительной компрессии дизельного двигателя в режиме компрессорного пуска по стартерным токам.

В работе подобран диагностический прибор: DiaMag 2, являющийся осциллографом (мотор-тестером), и представлена схема измерительной установки с последовательной инструкцией подключения. Рассмотрен алгоритм выполнения работ по определению «относительной компрессии» двигателя.

**Ключевые слова:** автомобиль, транспортные средства, компрессия, дизельный двигатель, диагностирование.

**Annotation:** The article the developed diagnosing method– definitions of relative compression of the diesel engine in the mode of compressor start-up on starter currents is considered.

In work the diagnostic unit is picked up: DiaMag 2 which is oscillograph (motor tester) the scheme of measuring installation with the consecutive instruction of connection is also submitted. The algorithm of performance of work by definition of "relative compression" of the engine is considered.

**Keywords:** car, vehicles, compression, diesel engine, diagnosing.

Транспортные средства, выполняющие различный спектр работ, нуждаются в диагностировании, необходимом для определения их технического состояния без разборки.

Диагностированием – называют процесс определения технического состояния объекта без его разборки [8].

В результате написания статьи рассмотрены нормативные документы Положение о ТО и ТР АТС, технический регламент Таможенного союза, различные статьи, кандидатские диссертации на тему диагностирования дизельных двигателей по параметрам сопутствующих процессов в режиме компрессорного цикла [1; 5; 6; 7; 8].

Так в Положении о ТО и Р, в техническом регламенте не рассматриваются вопросы, относящиеся непосредственно к диагностированию дизельных двигателей и определению «относительной компрессии». Это связано с тем, что данные нормативные документы рассматривают автомобиль как единое целое, и не допускают его эксплуатацию при несоответствии требованиям регламентирующих документов.

Анализ существующих методов и средств контроля технического состояния дизельного двигателя, рассмотренных в диссертациях других авторов, показал, что на сегодняшний день большинство из них требуют предварительной разборки двигателя перед диагностированием, имеют высокую трудоемкость, а также не обладают достаточной точностью при постановке диагноза [5; 6; 7; 8]. В качестве примера рассмотрим определение «абсолютной компрессии» дизельного двигателя, она осуществляется с помощью демонтажа свечей накаливания и подключения компрессометра в

свечное отверстие. По измеренным показателям возможно определить техническое состояние каждого из цилиндров двигателя. Основываясь на полученной информации, производится анализ в результате которого определяется техническое состояние двигателя. Данный метод диагностирования заключается в следующем: на современных автомобилях моторное пространство сконструировано таким образом, чтобы задействовать каждый свободный участок. Для осуществления работ по определению «абсолютной компрессии» двигателя внутреннего сгорания необходимо произвести демонтажные работы навесного оборудования. Данная операция очень трудоёмкая и занимает большой промежуток времени. Также существует статистика на предприятии «ЕС Сервис», занимающемся обслуживанием автомобилей марки BMW, которая основана на том, что свечи накаливания в процессе эксплуатации автомобиля и воздействия агрессивной окружающей среды – окисляются в резьбовом соединении и во время демонтажа, возможно разрушение свечи накаливания и разделения корпуса на части, одна из которых остаётся в резьбовом соединении в головке блока цилиндров. Для демонтажа обломившейся части необходимо произвести работы по разборке двигателя и отделения головки блока цилиндров непосредственно от блока цилиндров и дальнейшего высверливания оставшейся в резьбовом соединении головки блока цилиндров части корпуса свечи накаливания.

Снижению затрат на ТО, ремонт и повышению уровня работоспособности ДВС в значительной мере способствует комплексный подход к разработке эффективного метода, средств и технологий диагностирования и автоматизированных управляющих систем на базе микропроцессорной техники с минимальными требованиями к контролепригодности ДВС.

Для определения относительной компрессии двигателя воспользуемся методом, основанным на параметрах сопутствующих процессов по колебательным параметрам. Данный метод широко используют при создании средств технического диагностирования автомобилей, например оценки

колебаний напряжения, тока, электрического сопротивления в электрических цепях (на этой основе созданы мотор-тестеры), параметров вибро-акустических сигналов, получаемых при работе зубчатых зацеплений, клапанных механизмов, подшипников и т.д.; пульсации давления в гидравлическом аккумуляторе и трубопроводах (на этой основе созданы дизель тестеры для диагностирования дизельной топливной аппаратуры) [1; 4].

Методы, с помощью которых оцениваются колебания силы тока в электрических цепях, используются для диагностирования «компрессорного цикла» двигателя, отличительной его чертой от реального рабочего цикла, является подвод энергии извне, то есть при принудительном прокручивании коленчатого вала (КВ) двигателя внутреннего сгорания без подачи топлива. Этот цикл имеет место при стартерной прокрутке КВ на режиме пуска двигателя. По характерным осциллограммам силы тока осциллографом отображаются процессы, характеризующие изменение момента сопротивления на валу якоря электродвигателя и степень его корреляции с током потребляемым стартером. Участки осциллограмм содержат информацию о состоянии «относительной компрессии» двигателя [1; 4].

При износе цилиндропоршневой группы, нарушения плотности посадки клапанов, а также низкой частоте вращения КВ при стартерной прокрутке давление в конце сжатия значительно уменьшается. В дизельном двигателе это приводит к отсутствию самовоспламенения топлива и невозможности пуска. На осциллограмме изображается меньшая сила тока, по сравнению с силой тока в работоспособном цилиндре [1; 2; 3].

Научную новизну представляют.

1. Метод определения относительного значения компрессии дизельного двигателя по величине стартерного тока, потребляемого при пуске.
2. Модель процесса диагностирования, учитывающая связь параметров технического состояния двигателя с величиной силы стартерного тока, потребляемого в пусковом режиме.

3. Установленные закономерности между диагностическими признаками и компрессионными свойствами двигателя и системы пуска.

4. Алгоритм диагностирования технического состояния дизельного двигателя на основе разработанного метода, позволяющий повысить оперативность и достоверность диагноза с использованием компьютерных технологий.

Для проведения данного метода диагностирования необходимо иметь: переносной компьютер (ноутбук), диагностический прибор – осциллограф (мотор-тестер), преобразователь тока, пьезоэлектрический датчик (входит в комплект к диагностическому прибору).

Произведем подбор диагностического прибора – осциллографа (мотор-тестера), необходимого для проведения работ.

1. Диагностический прибор: Bosch FSA740, многофункциональное стационарное устройство диагностирования, совмещает в себе осциллограф, мультиметр, сканер и позволяет производить моторную диагностику. Производится в Германии. Цена: 950 – 1042 тысяч рублей. Данный прибор позволяет производить весь спектр работ, но из-за высокой цены потенциальный клиент – станции технического обслуживания (СТО) не могут его себе позволить.

2. Диагностический прибор: MotoDoc III, многофункциональное переносное устройство для диагностирования, совмещает в себе осциллограф, мультиметр. Производится в России. Цена: 60 – 70 тысяч рублей.

3. Диагностический прибор: Autoscope IV – USB осциллограф Постолювского, многофункциональное переносное устройство для диагностирования, совмещает в себе осциллограф, мультиметр, в отличие от MotorDoc III изготовлен из качественных материалов, и имеет большее число дополнительных датчиков. Производится в России. Цена: 94 – 106 тысяч рублей.

4. Диагностический прибор: DiaMag 2, многофункциональное переносное устройство для диагностирования, совмещает в себе осциллограф, мультиметр.

Отличительная особенность от выше озвученных приборов – меньшая функциональность и число измеряемых параметров. Производится в России. Цена: 20 – 30 тысяч рублей.

В результате анализа был подобран диагностический прибор – DiaMag 2. он позволяет произвести измерение «относительной компрессии», а также имеет приемлемое соотношение цена/качество. Для проведения диагностических работ данный прибор необходимо доукомплектовать преобразователем тока АРРА-32.

Составим схему подключения данного диагностического прибора, полученные результаты представлены на рис. 1.

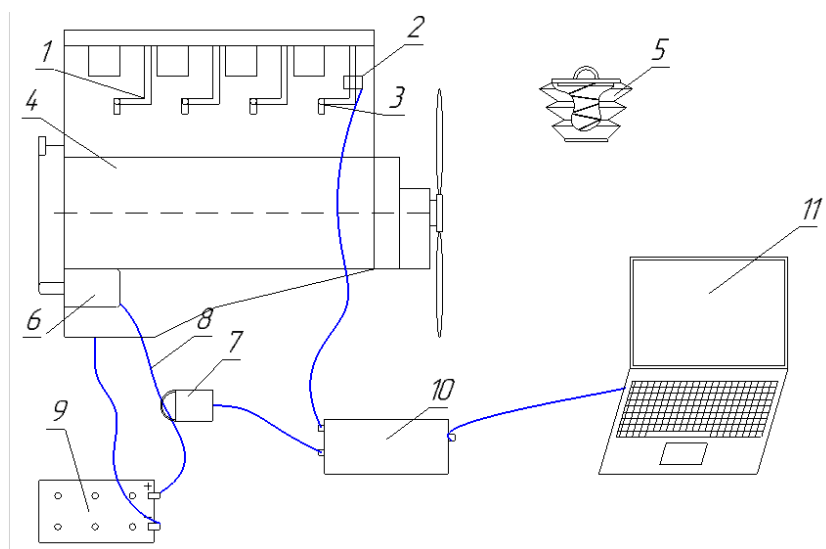


Рис. 1. Измерительно-вычислительный комплекс для диагностирования дизелей на основе анализа силы стартерного тока в режиме компрессорного цикла:

1 – топливопровод; 2 - пьезоэлектрический датчик; 3 – форсунка 1-го цилиндра; 4 – двигатель; 5 – заглушка воздухозаборника; 6 – стартер; 7 – преобразователь тока АРРА-32; 8 – плюсовой провод стартера; 9 – аккумуляторная батарея; 10 – диагностический прибор; 11 – персональный компьютер.

Рассмотрим последовательность выполнения работ с использованием диагностического комплекса [4].

1. Напряжение АКБ должно соответствовать техническим нормам – необходимо подключить аккумулятор к зарядному устройству.

Данный показатель является основополагающим, в результате несоответствия напряжения АКБ, ток подаваемый на стартер будет ниже, а следовательно появится погрешность и неточность в измеряемых показателях дельты тока.

2. Отключите подачу топлива – например, через демонтаж предохранителя топливного насоса или отсоединения разъёмов с топливных форсунок.

3. Подключите жгуты мотор-тестера к двигателю в соответствии с руководством по эксплуатации прибора. Способ подключения:

– кабель синхронизации. Как правило, возможна синхронизация по пьезоэлектрическому датчику, установленному на форсунке первого цилиндра;

Синхронизация необходима для упрощения дальнейшего определения неисправного цилиндра или цилиндров двигателя, а также на её основе появляется точка отсчёта, которая обозначается на осциллограмме.

– токовые клещи для снятия осциллограммы стартерного тока – подключаются на плюсовой провод стартера.

Преобразователь тока АРРА-32 служит для определения силы тока на плюсовом проводе, подведённом к стартеру. На данной силе тока и строится вся осциллограмма зависимости.

4. Выполнение теста основано на прокрутке двигателя стартером, следуя командам мотор-тестера (как правило, мотор-тестер указывает, когда сбор данных завершён).

5. Проанализируйте полученные данные. Данные должны быть представлены примерно в таком виде, рис. 2.

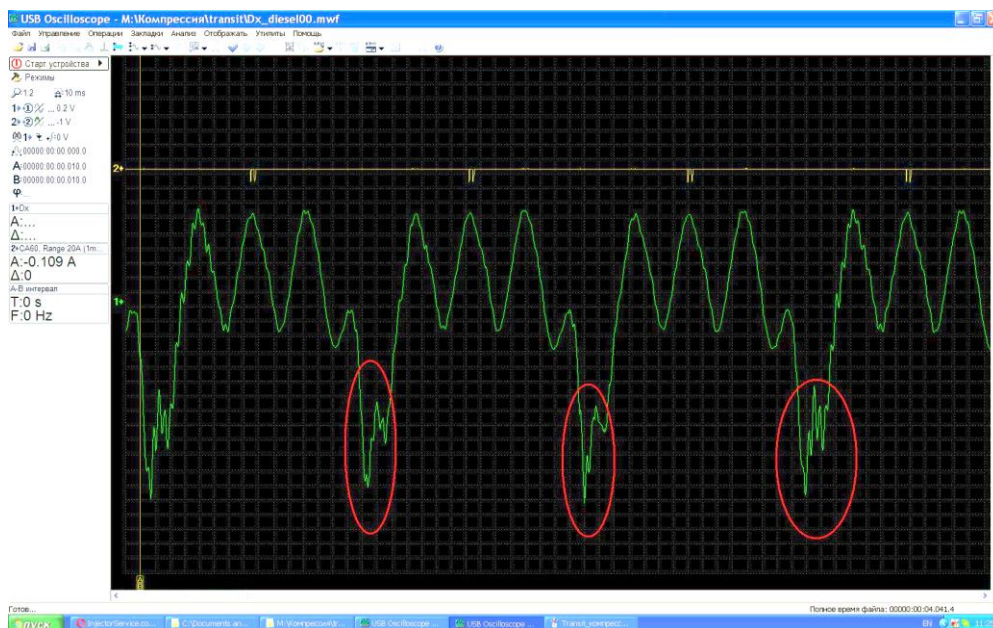


Рис. 2. Осциллограмма определения «относительной компрессии» четырёхцилиндрового дизельного двигателя с неисправным 4-ым цилиндром.

С использованием диагностического оборудования было произведено измерение «относительной компрессии» дизельного четырёхцилиндрового двигателя по разработанному алгоритму, а на рис. 2 представлена полученная осциллограмма, в результате анализа которой была определена неисправность четвертого цилиндра двигателя.

Таким образом, разработанный метод позволяет с достаточной для практики точностью и достоверностью диагностировать дизельные двигатели без разборки, используя при этом современное измерительное оборудование, доступное большинству СТО. Рассмотренный алгоритм диагностирования дизельных двигателей по параметрам сопутствующих процессов позволяет определить неисправности двигателей внутреннего сгорания, руководствуясь показателями, полученными в результате стартерной прокрутки.

### **Библиографический список:**

1. Афанасьев А. С., Техническая диагностика на транспорте. Учебное пособие, СПб.: Свое издательство, 2018. – 107с.
2. Афанасьев А. С., Гайдашов Ю. А., Марченко М. А. Диагностирование дизелей по параметрам сопутствующих процессов в режиме



компрессорного цикла. – СПб.: В сборнике Инновации на транспорте и в машиностроении сборник трудов III международной научно-технической конференции: в 5 томах. Под редакцией В.В. Максарова. 2015. с. 9-12.

3. Афанасьев А.С., Гайдашов Ю.А., Марченко М.А. Моделирование процессов компрессорного цикла дизеля. – СПб.: В сборнике Инновации на транспорте и в машиностроении сборник трудов IV международной научно-технической конференции: в 5 томах. Под редакцией В.В. Максарова. 2016. с. 16-19.

4. Афанасьев А.С., Рыбаков А.С. Определение относительной компрессии дизельного двигателя по параметрам сопутствующих процессов. III Всероссийская межвузовская конференция: Магистерские слушания.: Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», 2018.

5. Иванов Р.В. Диагностирование ДВС по параметру мощности механических потерь [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук. – Волгоград, 2010. – 40 с.

6. Кривцова Т.И. Совершенствование метода диагностирования компрессионных свойств дизельных двигателей тракторов и автомобилей сельскохозяйственного назначения по характеристикам стартерного тока: автореф. дисс. канд. техн. наук. – Улан-Удэ, 2011. – 20 с.

7. Позировский А.Ю. Оценка технического состояния цилиндропоршневой группы автотракторных дизелей по разности расходов воздуха на впуске и выпуске в пусковом режиме [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2010. – 111 с.

8. Технический регламент Таможенного союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» – М.: Решение Комиссии Таможенного союза, 2011. 456с.