

УДК 629.331

**СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ  
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ****Д.С. ШЕВЧЕНКО***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Т.В. ВИГЕРИНА)*

*Одни и те же признаки неисправности автомобиля могут случаться по разным причинам. Поэтому в некоторых случаях диагностика традиционными методами может занимать до нескольких дней. Это необходимо, чтобы выявить все проблемы и правильно произвести ремонт. Снизить количество затраченного времени и трудоемкость выполнения диагностических работ позволяет методика диагностирования двигателей с использованием современных информационных технологий.*

Для определения технического состояния цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателя существует несколько методов, большинство которых реализуется с помощью приборов и диагностических стендов.

На практике наиболее распространенным методом определения технического состояния ЦПГ является метод определения давления в цилиндрах в конце такта сжатия, т.е. определение компрессии. Основные признаки снижения компрессии: затрудненный пуск двигателя, что особенно характерно для бензиновых двигателей; неустойчивая работа двигателя во всех режимах; отказ одного или нескольких цилиндров; хлопки во впускной или выпускной тракт; увеличение расхода топлива; появления дыма в отработавших газах.

Причины, приводящие к снижению компрессии: износ стенок цилиндра и компрессионных колец; закоксовывание или разрушение поршневых колец; сквозное прогорание или частичное разрушение поршня; сквозная трещина в головке блока цилиндров; коробление посадочной поверхности головки блока; неправильная регулировка клапанов; повреждение гидротолкателей; износ направляющих втулок; деформация стержня клапана; прогорание клапана; нагар на стенках камеры сгорания и на днище поршня. Компрессию измеряют с помощью компрессометра или компрессографа, которые представляют собой манометр с рукояткой, трубкой, наконечником и золотниковым устройством. [1]

Основные недостатки проверки технического состояния двигателя с использованием величины компрессии следующие:

- зависимость показаний частоты вращения коленчатого вала двигателя от режима нагрузки. Частота вращения при прокрутке стартером (250...350 об/мин) существенно отличается даже от частоты вращения в режиме холостого хода (700...900 об/мин), не говоря уже о режимах частичных и полных нагрузок;
- неудовлетворительная информативность теста для выявления не только проблемных цилиндров, но и первопричины недостаточного давления;
- невозможность проведения теста на демонтированном или частично разобранном двигателе либо двигателе с неработающим стартером.

Метод проверки состояния ЦПГ пневмотестером позволяет устранить недостатки метода определения состояния ЦПГ с помощью компрессометра.

При использовании пневмотестера: во-первых, анализируется непосредственно герметичность надпоршневого пространства (частота вращения коленчатого вала не оказывает никакого влияния на измерения, так как он при проведении теста неподвижен); во-вторых, имеется возможность локализации неисправностей; в-третьих, возможно проведение теста на снятом или частично разобранном двигателе либо на двигателе с неработающим стартером.

Герметичность надпоршневого пространства цилиндра двигателя проверяют путем измерения в цилиндре давления воздуха, подаваемого через калиброванное отверстие корундовой втулки. При утечке воздуха из надпоршневого пространства наблюдается снижение давления, которое пропорционально потерям воздуха через неплотности в цилиндре. Так как давление воздуха до корундовой втулки поддерживается редуктором на постоянном уровне (0,16 МПа), снижение давления, наблюдаемое по манометру, будет характеризовать износ ЦПГ, состояние клапанов и прокладки головки блока. Герметичность надпоршневого пространства бензиновых и дизельных двигателей считается удовлетворительной, если давление будет не ниже 0,11 МПа. [2]

За последние годы в сферу диагностирования двигателей внедряются нестандартные методики, которые призваны повысить эффективность и снизить трудоемкость работ. Диагностирование осуществляется при помощи мотортестера USB AUTOSCOPE IV, с целью выявления неисправностей в различных электронных системах автомобиля, в системах зажигания, а также для диагностики системы газораспределения и механики двигателя

Скрипт Rx предназначен для автоматического анализа графика давления в цилиндре без воспламенения. Генерирует несколько вкладок отчёта с рядом дополнительных параметров и характеристик двигателя и системы управления. Рассчитываются пневматические и геометрические характеристики цилиндра, перечень обнаруженных отклонений выводится в форме текстовых сообщений. Для улучшения удобства и наглядности исследования фаз газораспределения, график преобразуется скриптом в диаграмму количества газа в цилиндре и выводится в двух формах представления. Кроме того, строится подробная диаграмма циклового наполнения цилиндра на такте впуска, характеризующая работу всего впускного тракта двигателя. Выводится диаграмма затрат энергии на очистку цилиндра от отработавших газов. При наличии дополнительного сигнала синхронизации с искрой зажигания, строится диаграмма угла опережения зажигания (УОЗ). Для получения графика давления в цилиндре применяется датчик, преобразующий давление в напряжение, который может использоваться с удлинителем.

Классическим инструментом для оценки состояния цилиндро-поршневой группы является компрессометр, предназначенный для измерения пикового давления в цилиндре при прокрутке двигателя стартером, ещё называемого «компрессией». Это величина комплексная, и, соответственно, зависит от потерь газа через неплотности в цилиндре, от степени сжатия и др. Но ухудшение показаний компрессометра по одному из цилиндров зачастую трактуется именно как ухудшение его герметичности. Скрипт Rx позволяет отличить неплотность цилиндра от низкой степени сжатия, так как рассчитывает отдельно величину потерь газа, и отдельно величину степени сжатия. [4,5]

В результате выполнения анализа скриптом, его результаты были представлены в окне программы «USB Oscilloscope» в нескольких вкладках отчёта.

На вкладке «Количество» отображается диаграмма количества газа в цилиндре в зависимости от положения поршня и от такта работы цилиндра.

Для оснащённых ременным приводом распределительного вала двигателей, где и впускные и выпускные клапана цилиндра обслуживаются одним распределительным валом, ошибка установки приводного ремня на 1 зуб в сторону «позже» приводит к запаздыванию моментов открытия и закрытия клапанов на  $\sim 15^\circ$ . На диаграмме количества газа в цилиндре это отражается как смещение момента закрытия впускного клапана на  $\sim 15^\circ$  влево, а открытия выпускного – на  $\sim 15^\circ$  вправо. При этом получается, что характерные точки отдаляются друг от друга на  $\sim 30^\circ$ .

Дополнительным признаком поздней установки фаз газораспределения может служить характерное искажение формы левой части красного и зелёного фрагментов диаграммы в районе фазы перекрытия клапанов.

Если же распределительный вал установлен на 1 зуб приводного ремня в сторону «раньше», то это приводит к опережению моментов открытия и закрытия клапанов. На диаграмме это отражается как смещение момента закрытия впускного клапана вправо, а открытия выпускного – влево. Характерные точки при этом отдаляются друг от друга на те же  $\sim 30^\circ$ .

Характерное искажение формы левой части красного и зелёного фрагментов диаграммы количества газа в цилиндре возникает в результате ранней установки фаз газораспределения. При ранней установке фаз газораспределения, красный и зелёный фрагменты диаграммы в районе фазы перекрытия клапанов друг на друга не накладываются вовсе, и располагаются под заметным углом.

Вкладка «Фазы газораспределения».

В этой вкладке отображается та же диаграмма количества газа в цилиндре, что и во вкладке «Количество», но уже в зависимости от угла поворота коленчатого вала. Количество газа в цилиндре выражается как расстояние от центра диаграммы: чем больше в цилиндре газа, тем дальше от центра расположен фрагмент диаграммы.

Для оснащённых ременным приводом распределительного вала двигателей, где и впускные и выпускные клапана цилиндра обслуживаются одним распределительным валом, ошибка установки приводного ремня на 1 зуб в сторону «позже» приводит к «повороту» диаграммы фаз по часовой стрелке на  $\sim 15^\circ$ . При этом фазы уже получают несимметричными относительно ВМТ.

Дополнительным признаком поздней установки фаз газораспределения может служить характерное искажение формы диаграммы в центре.

Вкладка «Опережение». Если дополнительно к графику давления в цилиндре был записан ещё и сигнал синхронизации с искрой зажигания, то скрипт Rx строит диаграмму угла опережения зажигания в зависимости от оборотов и нагрузки на двигатель.

Вкладка снабжена маской, которая отражает оптимальные зоны расположения фрагментов диаграммы соответствующих цветов. На рисунке 1 отчёт скрипта Rx показывает пример, когда красный и зелёный фрагменты диаграммы расположились вне пределов маски. Причиной этого является неправильная работа блока управления двигателем, который не регулировал УОЗ ни по оборотам, ни по нагрузке.

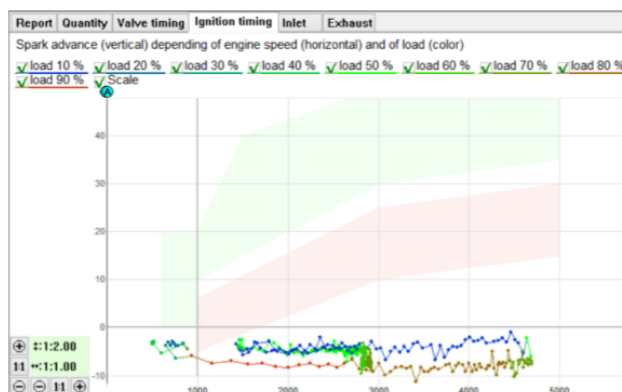


Рисунок 1. – Вкладка «Опережение» из отчёта скрипта Px. УОЗ регулируется неправильно

Вкладка «Впуск». В этой вкладке отображается диаграмма циклового наполнения цилиндра воздухом в зависимости от оборотов и от нагрузки. Высота графика отражает количество газа, оставшегося в цилиндре после закрытия впускного клапана. Цвета фрагментов диаграммы отражают нагрузку на двигатель, рассчитываемую по величине разрежения в цилиндре на такте впуска (рисунок 2).



Рисунок 2. – Вкладка «Впуск» из отчёта скрипта Px

Красный фрагмент диаграммы позволяет оценить влияние компонентов всего впускного тракта на наполняемость цилиндра. Чем выше расположен фрагмент, тем больше максимальное наполнение цилиндра, и тем выше отдача цилиндра. Кроме прочего, на наполняемость цилиндра влияют система изменения фаз газораспределения, система изменения геометрии впускного коллектора, максимальное сечение дроссельной заслонки и пропускная способности воздушного фильтра. Также, можно оценить влияние нагнетателя воздуха, если он установлен. По расположению фрагмента диаграммы, соответствующего работе двигателя на холостом ходу, можно оценить цикловое наполнение цилиндра в этом режиме. Чем оно меньше, тем эффективнее и экономичнее работа двигателя в этом режиме.

Вкладка «Выпуск». Вкладка отображает диаграмму затрат мощности двигателя на очистку цилиндра от отработавших газов.

Чем меньше затраты на выпуск, тем диаграмма располагается ниже. Наклонная красная линия определяет максимально допустимый предел высоты расположения диаграммы. Положение этой линии было определено экспериментально, путём анализа множества диаграмм с исправных и неисправных автомобилей. Следует заметить, что затраты на выпуск зависят от величины противодавления в выпускном тракте не напрямую.

Сама по себе величина пика давления в цилиндре на такте выпуска не является прямой характеристикой динамического сопротивления выпускной системы. Здесь важно учитывать ещё и угол поворота коленчатого вала, на который приходится этот пик. Если на такте выпуска в цилиндре возникает существенное повышение давления и его пик приходится на момент подхода поршня к ВМТ, то это практически не создает сопротивления движению коленчатого вала, поскольку поршень уже почти остановился. Если же этот пик приходится на середину такта выпуска, то возникает значительное сопротивление вращению коленчатого вала, поскольку поршень в этот момент движется с максимальной скоростью. [6]

В ходе исследования было проведено диагностирование двигателей различных марок автомобилей по традиционным методам.

Таблица 1. – Трудоемкость диагностирования различных автомобилей с использованием традиционных методов и с использованием современных информационных технологий.

| Марка автомобиля           | Признаки неисправностей                                       | Неисправность                            | Трудоемкость с использованием традиционных методов, чел·ч | Трудоемкость с использованием предложенного метода чел·ч |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Mazda 626 2,0 2000 г.      | Потеря мощности и нестабильная работа двигателя под нагрузкой | Пробой изолятора свечи зажигания;        | 0,5                                                       | 0,25                                                     |
| VW Polo 1,6 2015 г.        |                                                               | Увеличенный зазор свечи зажигания        | 0,5                                                       | 0,3                                                      |
| VW Golf IV 2002 г.         |                                                               | Загрязнение изолятора свечи зажигания    | 0,6                                                       | 0,3                                                      |
| Fiat Marea 1,6 1996 г.     | Неравномерность работы двигателя                              | Неисправность форсунки 1-го цилиндра     | 3,8                                                       | 0,5                                                      |
| Renault Logan 2009г.       |                                                               | Загрязнение форсунок                     | 1                                                         | 0,6                                                      |
| Lada Vesta 2016 г.         |                                                               | Обрыв цепи управляющего провода форсунки | 0,6                                                       | 0,3                                                      |
| VW Tiguan 1,6 TFSI 2008 г. |                                                               | Неисправность форсунки 3-го цилиндра     | 1                                                         | 0,4                                                      |
| Hundai Sonata 2.0 1997г.   | Нестабильная и неравномерная работа двигателя на всех режимах | Сломанное компрессионное кольцо          | 0,8                                                       | 0,6                                                      |
| Peugeot 406 2003 г.        |                                                               | Износ поршневых колец                    | 1                                                         | 0,5                                                      |
| Audi 100 C3 1986 г.        |                                                               | Неправильная установка ремня ГРМ         | 1,5                                                       | 0,6                                                      |
| Fiat Bravo 1,4 2010 г.     |                                                               | Прогар клапана ГРМ                       | 1                                                         | 0,6                                                      |

Таким образом существенное увеличение производительности технического обслуживания легковых автомобилей, качества выполняемых работ, возможны при внедрении более совершенных технологий диагностирования. Проводимые при этом мероприятия отличаются относительно низким уровнем затрат, а время на их реализацию минимально.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабошин, А.А. Методика диагностирования поршневых двигателей внутреннего сгорания по результатам их косвенного индицирования: автореф. дис. канд. тех. наук / А.А. Бабошин, Санкт-Петербург, 2013, 23с.
2. Геращенко, В.В. Методы и средства диагностирования и повышения эксплуатационных свойств автомобилей и их агрегатов: [монография] / В.В. Геращенко, Н.А. Коваленко, В.П. Лобах. – Могилёв: Беларус.-Рос.ун-т, 2017.-170 с. : ил.
3. Карташевич, А.Н. Техническое диагностирование машин: лекция./ А.Н. Карташевич, Г.Н. Сапьяник, А.Ф. Скадорва, – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 32 с.
4. Ананьин, А.Д. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студентов высш. учеб. заведений / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Гибитов и др. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 432с.
5. Борц А.Д., Диагностика технического состояния автомобиля. / А.Д. Борц, Я.Х. Закин, Ю.В. Иванов. - М.: Транспорт, 1979. - 160 с.
6. Кострицкий В.В. Диагностирование и то двигателя атомобия : метод. указания / Полоцкий гос. ун-т. сост.: В.В. Кострицкий. – Новополоцк : ПГУ, 2015. – 123с.