

УДК 621.113

**СОКРАЩЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ
ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММ-АНАЛИЗАТОРОВ****В.В. КОСТРИЦКИЙ, Д.С. ШЕВЧЕНКО, А.В. ПАВЧЕНКО**
(Полоцкий государственный университет)

Проанализированы существующие технологии диагностирования бензиновых двигателей внутреннего сгорания. Традиционные методики обладают большой трудоемкостью, и в зависимости от неисправности процесс диагностирования занимает от нескольких часов до нескольких дней. Установлено, что сократить количество затраченного времени и трудоемкость выполнения диагностических работ позволяет использование методов на основе современных информационных технологий. Методы диагностирования с использованием программ-анализаторов столь же точны, как и традиционные, однако имеют преимущество в том, что требуют значительно меньших временных затрат. Проведенные исследования показали, что при использовании таких методов трудоемкость процесса сокращается в 2,5–3 раза.

Ключевые слова: автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, диагностирование, программа-анализатор, тест.

Введение. Основным агрегатом автомобиля, на долю которого приходится наибольшее число отказов, является двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Надежность работы двигателей зависит не только от их конструкции, технологии изготовления, условий эксплуатации автомобилей, но в большой степени от организации и качества их обслуживания. Совершенство любого метода обслуживания и ремонта определяется тем, насколько полно он обеспечивает взаимодействие между объективно существующим процессом изменения технического состояния объекта и процессом его технической эксплуатации. Традиционный планово-предупредительный метод обслуживания и ремонта, основанный на выполнении профилактических работ определенных объемов через заранее запланированные интервалы времени или наработки независимо от состояния систем и деталей, обеспечивает слабое взаимодействие между указанными процессами. Более тесную связь между ними предоставляют методы обслуживания и ремонта по состоянию. Основным принципом данных является принцип предупреждения отказов систем автомобиля и их отдельных наиболее важных узлов и деталей при обеспечении максимально возможной их наработки до замены. Методы обслуживания и ремонта по состоянию предусматривают непрерывный или периодический контроль и измерение параметров, определяющих техническое состояние функциональных систем и узлов, т.е. осуществление непрерывного или периодического диагностирования данных объектов. При проведении технического обслуживания легковых автомобилей на диагностирование отводится около 15% от общей трудоемкости работ. Внешние признаки различных неисправностей ДВС могут быть одинаковы, для более точного определения технического состояния механизмов и систем двигателей используется ряд диагностических технологий и стандартное оборудование, позволяющие при последовательной проверке выявлять неисправность, что может занимать от нескольких часов до нескольких дней.

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 [1; 2]. Эти методики призваны повысить эффективность и снизить трудоемкость работ. Таким образом, целью работы является сокращение трудоемкости диагностирования бензиновых двигателей внутреннего сгорания за счет использования современных технологий на основе передового программного обеспечения.

Основная часть. К методам с использованием современного программного обеспечения можно отнести программы-анализаторы: тест CSS и тест Rx. Эти тесты можно выполнить при помощи мотор-тестера USB Autoscope. Прибор универсален и не привязан к какой-либо автомобильной марке. Работает под управлением программы USB Oscilloscope. Подключается к USB 2.0-порту персонального компьютера, работающего под управлением операционной системы Windows.

Тест CSS. Название этого теста происходит от первых букв немецкого названия датчика коленчатого вала – Crank Shaft Sensor. Сигнал датчика частоты вращения/положения коленчатого вала содержит большое количество информации о работе двигателя. В процессе работы каждый из цилиндров двигателя «подталкивает» коленчатый вал, за счет чего коленчатый вал кратковременно ускоряется после прохождения точек ВМТ 0° каждого из цилиндров. Если топливо в цилиндре не воспламенилось, происходит уже не ускорение, а замедление частоты вращения коленчатого вала. Даже когда блок управления

двигателем непрерывно регулирует частоту вращения коленчатого вала при работе двигателя на холостом ходу с целью поддержания оборотов в заданном диапазоне, толчки от работающих цилиндров присутствуют, а от неработающих отсутствуют. Сигнал от датчика коленчатого вала совместно с сигналом о моменте искрообразования в первом цилиндре содержит в себе информацию о значительном количестве параметров двигателя [3].

Анализ этих сигналов позволяет:

- оценить статическую и динамическую компрессию для каждого из цилиндров;
- выявить неисправности в системе зажигания;
- оценить состояние топливных форсунок;
- получить характеристику подсистемы опережения зажигания;
- выявить биение задающего зубчатого диска;
- выявить пропущенные и согнутые зубья задающего зубчатого диска.

Для анализа скрипту CSS нужны сигнал от датчика коленчатого вала и сигнал синхронизации с моментом воспламенения в одном из цилиндров.

Сигнал частоты вращения удобнее всего снимать со штатного датчика коленчатого вала, а сигнал синхронизации – с высоковольтного провода одного из цилиндров для бензиновых двигателей или управляющего сигнала топливной форсунки для дизельных двигателей. В зависимости от особенностей конструкции двигателя и устройства его системы управления могут применяться различные способы получения этих сигналов. Но, следует заметить, что такие сигналы можно снять практически с любого двигателя независимо от марки, модели и года выпуска [3].

В рамках данного теста диагностирование двигателя выполняется следующим образом.

Мотортестер USB Autoscope необходимо подсоединить к USB-порту компьютера. Затем подать питание на мотортестер от диагностируемого автомобиля. Подключить к мотортестеру высоковольтный датчик синхронизации с искрой в системе зажигания и установить на высоковольтный провод первого цилиндра. Затем подсоединить осциллографический щуп к входу № 5 USB Autoscope для снятия сигнала с датчика положения коленчатого вала (ДПКВ). Сигнальный щуп удобно подключить к сигнальному проводу ДПКВ при помощи иглы в разъем датчика. Открыть программу USB Oscilloscope и включить режим CSS.

Затем запустить двигатель и оставить работать его на холостом ходу. В окне программы включить запись данных и через несколько секунд поднять обороты до 3000 об/мин, затем резко закрыть дроссельную заслонку. Подождать холостого хода, после чего резко открыть дроссель. По достижению 4000 об/мин выключить зажигание. При этом дроссельная заслонка должна быть открыта до полной остановки двигателя. Выключить запись осциллограммы. Провести анализ записанных осциллограмм. Для этого в окне программы выбрать пункт «Выполнить скрипт».

В результате выполнения анализа его результаты будут представлены в окне программы «USB Oscilloscope» в нескольких вкладках отчета: отчет, эффективность, опережение, зубчатый диск. Из четырех вкладок нас интересует вкладка «Эффективность» [4].

Во вкладке «Эффективность» отображаются график частоты вращения коленчатого вала двигателя и графики эффективности работы для каждого из цилиндров. Серый график отображает изменение оборотов двигателя за все время проведения замеров, а цветные графики – отдачу от каждого из цилиндров (рисунок 1).

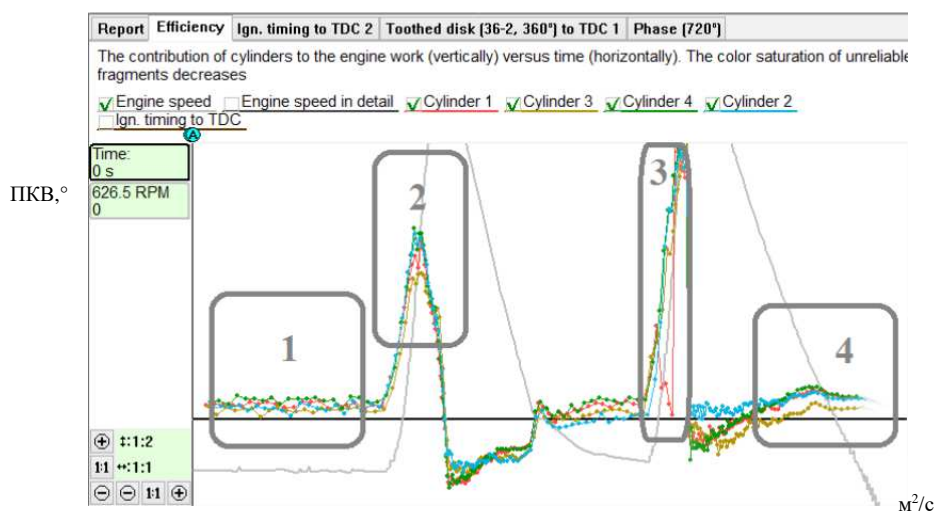


Рисунок 1. – Вкладка «Эффективность» из отчета скрипта CSS

Вкладка «Эффективность» является основной вкладкой отчета скрипта. Скрипт анализирует ускорение после воспламенения в каждом цилиндре, которое называется эффективностью цилиндра. Скрипт фиксирует эффективность цилиндра на протяжении всей работы двигателя и строит график эффективности цилиндра [4].

На эффективность работы цилиндра влияют 3 параметра: компрессия, надежное искрообразование и правильное соотношение компонентов топливо-воздушной смеси. По графикам эффективности можно выявить отклонения этих параметров и сделать предварительные выводы о состоянии механики двигателя, системе зажигания и системе топливоподачи.

Различные фрагменты цветных графиков позволяют оценить для каждого из цилиндров:

- 1) холостой ход – этот фрагмент позволяет оценить стабильность работы двигателя на холостом ходу;
- 2) состав топливо-воздушной смеси – здесь «проявляются» загрязненные форсунки и подсосы воздуха во впускной коллектор;
- 3) бесперебойность искрообразования – позволяет выявить неисправности в системе зажигания;
- 4) динамическая компрессия – по этому фрагменту можно выявить износ поршневых колец, неплотность клапанов газораспределения и ухудшенную наполняемость цилиндра воздухом.

Тест P_x. Тест P_x предназначен для автоматического анализа графика давления в цилиндре без воспламенения. Генерирует несколько вкладок отчета с рядом дополнительных параметров и характеристик двигателя и системы управления. Во вкладке «Отчет» рассчитываются пневматические и геометрические характеристики цилиндра, перечень обнаруженных отклонений выводится в форме текстовых сообщений. Во вкладках «Количество» и «Фазы» для улучшения удобства и наглядности исследования фаз газораспределения график преобразуется скриптом в диаграмму количества газа в цилиндре и выводится в двух формах представления. Во вкладке «Впуск» строится подробная диаграмма циклового наполнения цилиндра на такте впуска, характеризующая работу всего впускного тракта двигателя. Во вкладке «Выпуск» выводится диаграмма затрат энергии на очистку цилиндра от отработавших газов. При наличии дополнительного сигнала синхронизации с искрой зажигания, строится диаграмма угла опережения зажигания (УОЗ) и отображается во вкладке «Опережение» [5].

Для получения графика давления в цилиндре с последующим его анализом при помощи теста P_x применяется датчик, преобразующий давление в напряжение. Датчик давления вворачивается в диагностируемый цилиндр двигателя на место свечи зажигания. Если свечной колодец глубокий, то на входной штуцер датчика давления устанавливается удлинитель. Разъем датчика давления подключается к одному из каналов мотортестера. Высоковольтный провод цилиндра подключается к искровому разряднику с зазором. Разрядник при помощи зажима подключается к «массе» двигателя. Датчик синхронизации мотортестера устанавливается на этот же высоковольтный провод и подключается к соответствующему входу мотортестера.

В окне программы USB Oscilloscope из меню «Режимы» выбрать «P_x35» «P_x35+longer» в зависимости от того, используется удлинитель P_xLonger или нет. Вызвать меню «Запись» и через 3–5 с следует плавно поднять обороты двигателя до 3000–5000 об/мин с минимальным открытием дроссельной заслонки и сбросить [6].

После стабилизации холостого хода выполнить резкую перегазовку путем максимально резкого открытия дроссельной заслонки, затем сразу закрыть дроссель. В качестве альтернативы, вместо закрытия дросселя, можно выключить зажигание, а дроссель при этом удерживать открытым до полной остановки двигателя (за счет этого будет записана дополнительная информация для таких вкладок отчета скрипта, как «Впуск» и «Выпуск»).

Результаты исследований. В ходе исследования было проведено диагностирование двигателей 12 различных марок автомобилей двумя методами. Автомобили были разбиты на две группы.

Для диагностирования первой группы использовались традиционные технологии. В частности, измерялась компрессия в цилиндрах при помощи компрессометра, оценивалось давление в топливной системе при помощи топливного манометра, а также при помощи стенда для проверки форсунок определялась производительность, качество распыла и эффективность топливных форсунок; свечи зажигания проверялись на специальном стенде для выявления эффективности искрообразования, а для определения сопротивления высоковольтных проводов и сопротивления катушек зажигания использовали мультиметр.

Для диагностирования второй группы использовался мотортестер с программами-анализаторами CSS и P_x.

Все автомобили имели одинаковые признаки неисправностей, а именно потеря мощности, нестабильная и неравномерная работа двигателя на всех режимах. Такие признаки характерны при наличии неисправностей в системе зажигания, системе питания, а также в цилиндропоршневой группе и газораспределительном механизме бензинового двигателя.

При проведении диагностирования при помощи стандартных методик использовалось большое количество средств диагностирования для выявления неисправности, а поиск неисправности носил случайный характер (таблица 1).

Поскольку признаки неисправности характерны для разных систем двигателя, поэтому затраченное время на процесс диагностирования очень сильно зависело от изначально выбранного средства диагностирования. При этом выбор средства носил случайный характер, т.к. не представлялась возможным по имеющимся признакам определить однозначность выбора.

Таблица 1. – Трудоемкость диагностирования автомобилей при помощи традиционных методик

Марка автомобиля	Признаки неисправностей	Неисправность	Трудоемкость с использованием традиционных методов, чел.ч	Применяемые средства диагностирования
VW Polo 1,6 (2015)	Потеря мощности, нестабильная и неравномерная работа двигателя на всех режимах	Увеличенный зазор свечи зажигания	1,9	Компрессометр, манометр для проверки давления топлива, мультиметр, прибор для проверки свечей зажигания
VW Golf IV (2002)		Загрязнение изолятора свечи зажигания	3,6	Компрессометр, манометр для проверки давления топлива, мультиметр, прибор для проверки свечей зажигания, стенд для проверки и очистки форсунок
Skoda Octavia 1,6 (2008)		Разрушение высоковольтного провода	2,1	Компрессометр, манометр для проверки давления топлива, мультиметр, прибор для проверки свечей зажигания
Renault Logan (2009)		Неисправность форсунки второго цилиндра	3,8	Компрессометр, манометр для проверки давления топлива, мультиметр, прибор для проверки свечей зажигания, стенд для проверки и очистки форсунок
Hundai Sonata 2.0 (1997)		Сломанное компрессионное кольцо	0,2	Компрессометр
Peugeot 406 (2003)		Износ поршневых колец	1,75	Компрессометр, пневмотестер
Средняя трудоемкость:			2,3	

Так, для выявления неисправности автомобиля Renault Logan сначала измерялась компрессия, затем проводилась проверка элементов системы зажигания и давления в топливной системе. И только потом при оценке работы форсунок на стенде было выявлено, что форсунка второго цилиндра имеет более низкие показатели производительности, чем другие форсунки на всех режимах работы. Поэтому трудоемкость такого процесса составила 3,8 чел.ч.

А вот при диагностировании автомобиля Hundai Sonata при измерении компрессии была выявлено низкое давление в первом цилиндре. Причиной низкой компрессии оказалось сломанное компрессионное кольцо. При этом трудоемкость составила 0,2 чел.ч.

Таким образом, диагностирование по традиционным методикам достаточно трудозатратно, выявление неисправности во многом носит случайный характер и не позволяет в полной мере оценить все время на обслуживание и ремонт автомобиля.

В случаи диагностирования второй группы автомобилей при помощи программ-анализаторов CSS и Rx использовался мотортестер USB Autoscope (таблица 2).

Таблица 2. – Трудоемкость диагностирования автомобилей с использованием тестов CSS и P_x

Марка автомобиля	Признаки неисправностей	Неисправность	Трудоемкость с использованием традиционных методов, чел·ч	Применяемые средства диагностирования
Fiat Bravo 1,4 (2010)	Потеря мощности, нестабильная и неравномерная работа двигателя на всех режимах	Пробой изолятора свечи зажигания	0,5	USB Autoscope, тест CSS
Fiat Marea 1,6 (1996)		Неисправность форсунки первого цилиндра	0,5	USB Autoscope, тест CSS
Lada Vesta (2016)		Обрыв цепи управляющего провода форсунки	0,6	USB Autoscope, тест CSS
VW Tiguan 1,6 TFSI (2008)		Неисправность форсунки третьего цилиндра	0,5	USB Autoscope, тест CSS
Audi 100 C3 (1986)		Неправильная установка ремня ГРМ	0,75	USB Autoscope, тест CSS, тест P _x
Mazda 626 2,0 (2000)		Пробой по изолятору свечи зажигания, прогар клапана ГРМ	0,9	USB Autoscope, тест CSS, тест P _x
Средняя трудоемкость:			0,65	

При этом тест CSS использовали как основной, тест P_x как дополнительный, если были предположения предполагать, что признаки связаны с неисправностью в цилиндропоршневой группе или газораспределительном механизме.

При диагностировании автомобиля Fiat Marea при помощи теста CSS было установлена неправильная работа форсунки первого цилиндра (рисунок 2).

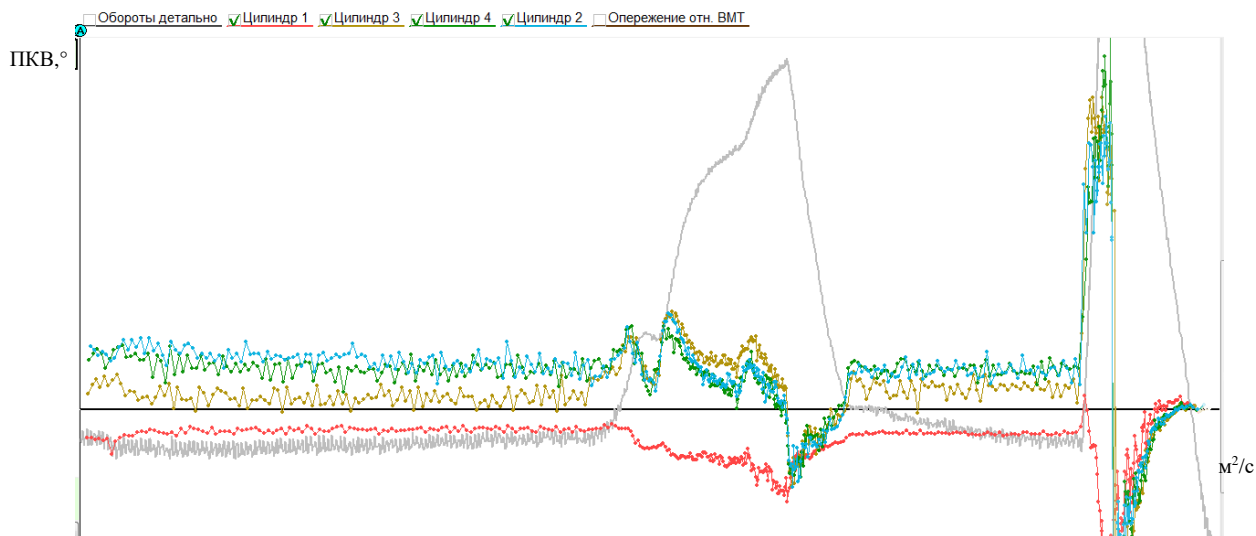


Рисунок 2. – Загрязнение топливной форсунки в первом цилиндре

Такое расположение графика свидетельствует о том, что форсунка не подает топлива, поэтому в цилиндр подается бедная смесь. Проблемы в цилиндропоршневой группе и в системе зажигания при помощи этого альтернативного теста выявлены не были. В этом автомобиле датчик коленчатого вала расположен таким образом, что для подключения к нему нам понадобилась осмотровая канава (т.е. подключались к датчику снизу автомобиля), поэтому трудоемкость на подключение и анализ результатов составила 0,5 чел·ч. График эффективности первого цилиндра находится ниже остальных на всех режимах работы двигателя.

После проведения теста CSS для автомобиля Mazda 626 во вкладке «Эффективность» заметно отклонение красного и желтого графиков, отражающих эффективность работы первого и третьего цилиндра (рисунок 3).

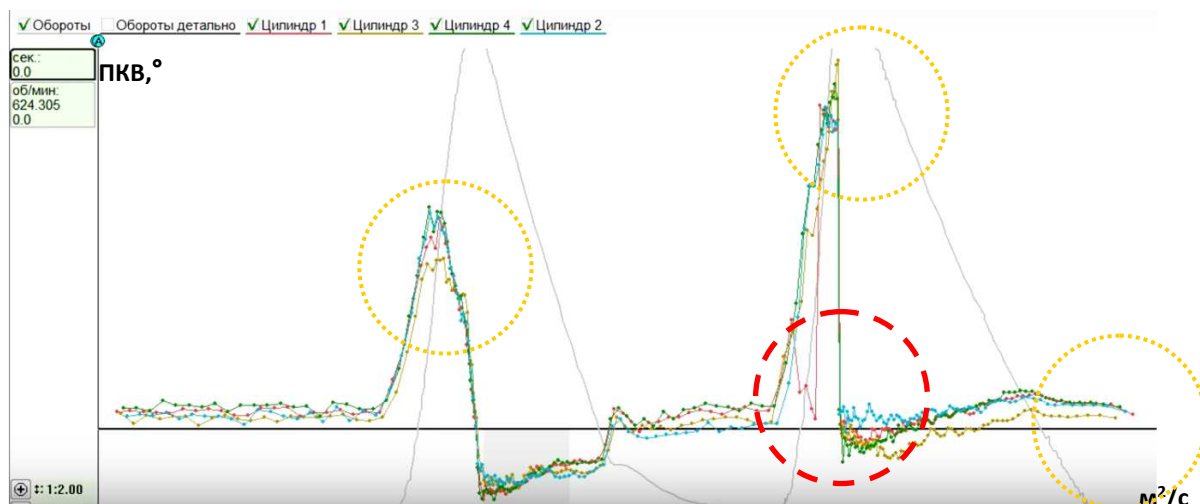


Рисунок 3. – Отклонение красного и желтого графиков

По графику эффективности первого цилиндра видны пропуски воспламенения во время резкой перегазовки, что указывает на проблему с искрообразованием в первом цилиндре. Отклонение в конце графика эффективности третьего цилиндра указывает на проблему с компрессией, что стало причиной снижения мощности, отдаваемой этим цилиндром. Графики эффективности второго и четвертого цилиндров не содержат признаков неисправности. Для этого автомобиля трудоемкость диагностирования составила 0,25 чел.ч.

Как оказалось, пропуски воспламенения в первом цилиндре под нагрузкой возникли из-за пробитой по изолятору свечи зажигания и ее высоковольтного наконечника. Причиной снижения компрессии в третьем цилиндре был прогоревший клапан.

При диагностировании автомобиля Audi 100 тестом CSS не было выявлено неисправностей. Хотя автомобиль имел характерные признаки неисправностей. Поэтому дополнительно проводился тест Rx. При помощи этого теста (вкладка «Фазы газораспределения» теста Rx) было установлено, что выпускной распределительный вал смещен относительно коленчатого вала против часовой стрелки. Это свидетельствует о неправильной установке ремня ГРМ при его замене (ремень ГРМ был смещен на 2 зуба относительно имеющихся меток) (рисунок 4). При этом трудоемкость составила 0,75 чел.ч.



Рисунок 4. – Вкладка «фазы газораспределения» теста Rx

На рисунке видно, что такт выпуска проходит раньше. График красного цвета не попадает в характерные поля, автоматически рассчитанные тестом.

Таким образом, методы диагностирования на основе тестов CSS и P_x столь же точны, как и традиционные, однако имеют преимущество в том, что требуют значительно меньших временных затрат.

Заключение. В результате исследований было установлено, что традиционные методики обладают большой трудоемкостью, и в зависимости от неисправности процесс диагностирования может занимать достаточно много времени. Кроме того, выявление неисправности во многом носит случайный характер и не позволяет в полной мере оценить все время на обслуживание и ремонт автомобиля. В свою очередь методы диагностирования на основе тестов CSS и P_x столь же точны, как и традиционные, однако имеют преимущество в том, что требуют значительно меньших временных затрат. При использовании таких методов трудоемкость процесса снижается в 2,5–3 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабошин, А.А. Методика диагностирования поршневых двигателей внутреннего сгорания по результатам их косвенного индицирования : автореф. дис. ... канд. тех. наук / А.А. Бабошин. – СПб., 2013. – 23 с.
2. Герашенко, В.В. Методы и средства диагностирования и повышения эксплуатационных свойств автомобилей и их агрегатов / В.В. Герашенко, Н.А. Коваленко, В.П. Лобах. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 170 с.
3. Режим доступа: http://chiptuner.ru/content/pub_33/ – Дата доступа: 04.05.2020 г.
4. Режим доступа: http://injectorservice.com.ua/docs/publications/css_typical_examples.pdf – Дата доступа: 04.05.2020 г.
5. Филиппова, Е.М. Техническое состояние цилиндропоршневой группы и расход картерных газов / Е.М. Филиппова, Е.В. Николаев / Техника и оборудование для села. – 2011. – № 3. – С. 41–42.
6. Режим доступа: http://injectorservice.com.ua/px_sensor.php – Дата доступа: 07.10.2017 г.

Поступила 08.07.2020

REDUCE DIAGNOSTIC EMPLOYMENT PETROL INTERNAL COMBUSTION ENGINES USING ANALYZER PROGRAMS

V. KOSTRITSKIY, D. SHEVCHENKO, A. PAVCHENKO

The existing technologies for diagnosing gasoline internal combustion engines are analyzed. Traditional methods are very laborious, and depending on the malfunction, the diagnosis process takes from several hours to several days. It has been established that the use of methods based on modern information technologies allows to reduce the amount of time spent and the complexity of performing diagnostic work. Diagnostic methods using analyzer programs are as accurate as traditional ones, however, they have the advantage of being significantly less time-consuming. Studies have shown that when using such methods, the labor intensity of the process is reduced by 2.5-3 times.

Keywords: *automobile, internal combustion engine, diagnostics, analyzer program, test.*