

УДК 621.436

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ И СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**С. И. БУДКО,
В. М. КУЗЮР,**

кандидаты технических наук,
доценты,

Л. С. КИСЕЛЕВА,

старший преподаватель,

А. Н. АГЕЕНКО,

магистрант

ФГБОУ ВО «Брянский

государственный аграрный
университет»,

В. И. КОЦУБА,

кандидат технических наук,
доцент

УО «Белорусская

сельскохозяйственная академия»

E-mail: s.budko.32@bk.ru

Проведены исследования по совершенствованию процесса испытания дизельных двигателей (ДД) с насосами-форсунками и системой Common Rail. Полученные данные позволяют повысить точность определения неисправностей топливных систем и снизить трудоемкость их диагностирования.

Ключевые слова: диагностирование; дизельный двигатель; Common Rail; насос-форсунка; топливная система.

Одна из основ развития агропромышленного комплекса – оснащение его энергонасыщенными тракторами. На современных тракторах все большее распространение получает топливная система Common Rail или система насос с форсунками. В этих условиях большую роль играет надежность деталей дизельной топливной аппаратуры [1–3] и работы по поддержанию техники в работоспособном состоянии [4], так как ее простои в период активных полевых работ могут вызвать непоправимые потери.

Приоритетной в проблеме максимального использования имеющихся технических ресурсов, сохранения технологического потенциала предприятий

и повышения технического уровня применяемого оборудования является их модернизация [5]. Актуальность модернизации оборудования, применяемого для технического обслуживания, диагностирования и ремонта машин, обусловлена снижением качества ремонтно-обслуживающих работ вследствие использования в технологических процессах физически и морально изношенного оборудования, оснастки и приспособлений. Основные факторы, влияющие на стоимость диагностирования, – длительность или трудоемкость этого процесса, балансовая стоимость технических средств, а также их годовой фонд рабочего времени [6, 7].

Из вышеизложенного следует, что совершенствование и повышение эффективности использования оборудования для диагностирования машин – проблема, имеющая научную и практическую значимость.

Рассматриваемый диагностический комплекс марки CRST-100 (рис. 1) предназначен для проверки современных топливных систем ДД. Данный на-

бор позволяет диагностировать их элементы без снятия с машины.

Комплекс может выполнять следующие операции по диагностированию топливной аппаратуры: проверки магистралей низкого давления, объема слива топлива из форсунок, линии высокого давления [8].

В качестве модернизации комплекса предлагаем совместно с ним использовать автосканер (рис. 2).

Он использует систему режима реального времени для создания программной среды компьютера, основанной на принципе сокращенного набора команд (RISC), и предлагает чрезвычайно быстрые измерительные функции. Этот переносной испытательный прибор охватывает ряд диагностических возможностей. Также данный прибор может работать с операционной системой Windows. Это говорит о том, что возможно совместить работу данного устройства с компьютером, и уже на монитор выводить диаграммы и графики, полученные в процессе диагностирования.



Рис. 1. Диагностический комплекс CRST-100: 1 – чемодан; 2 – клапан-регулятор; 3 – заглушка (для Delpi); 4 – заглушка (для Bosch); 5 – адаптер; 6 – колба с держателем; 7 – прозрачные трубки; 8 – адаптер возвратной трубки; 9 – заглушка обратки; 10 – контейнер; 11 – пыльники; 12 – индикатор высокого давления; 13 – соединительный адаптер (старый Delpi); 14 – соединительный адаптер (новый Bosch); 15 – соединительный адаптер (Bosch); 16 – провод клапана контроля давления; 17 – вакуумметр; 18 – манометр низкого давления; 19 – соединительная трубка; 20 – соединительный адаптер; 21 – соединительный адаптер с трубкой; 22 – заглушка топливного фильтра; 23 – руководство

Системный подход подразумевает строгую последовательность в разработке технологии диагностирования. Порядок операций выбирается из принципа минимума затрат времени на установление причины неисправности.

Классическая методика диагностики требует частичной разборки двигателя, так как необходимо снимать форсунки. На некоторых моделях двигателей эта операция трудоемкая и может привести к повреждению форсунок. Следовательно, необходимо выполнять операции диагностирования без частичной разборки двигателя с использованием сканера и мотор-тестера.

Диагностирование двигателя можно выполнить на основании информации, получаемой от датчика положения коленчатого вала (КВ) и датчика давления в цилиндре [9]. Для выполнения теста необходимо снять осциллограмму датчиков.

После прохождения ВМТ (верхняя мертвая точка) в результате сжатия происходит воспламенение смеси. Поршень и соответственно КВ получают ускорение. Оно однозначно характеризует эффективность, с которой отработал цилиндр. Соответственно можно ввести некое условное понятие эффективности и отобразить его графически в виде точки. Речь идет об условной эффективности, оценить ее в процентах, киловаттах и т.п. нельзя. Она измеряется по ускорению КВ после воспламенения смеси с использованием сигнала ДПКВ (датчик положения КВ) или какого-либо другого датчика вращения. Составляется график эффективности работы каждого цилиндра, на котором каждая точка – мгновенная эффективность, т.е. характеристика того, как отработал цилиндр в данный момент. График представляет собой некую ломаную линию.

Если цилиндр в момент измерения отработал нормально, то соответствующая точка графика будет располагаться выше уровня нуля, в противном случае график окажется ниже этого уровня. Число графиков соответствует числу цилиндров и это дает возможность оценить работу двигателя визуально и сделать важные выводы. График частоты вращения КВ двигателя нужен для удобства анализа.

Имеющиеся дефекты того или иного рода проявляются на графике по-разному. Чтобы понять, как и какие именно выводы можно сделать из графиков, рассмотрим несколько тезисов

1. Предположим, что двигатель исправен. В этом случае все построенные графики должны быть достаточно близкими друг к другу на всех этапах тестирования.

2. Предположим наличие проблем в системе топливоподдачи. Например, различна производительность форсунок вследствие их неисправности или регулирования. В этом случае график проблемного цилиндра (или цилиндров) окажется ниже остальных вследствие более низкой эффективности работы из-за неоптимального состава смеси.

Графики оставшихся цилиндров, наоборот, поднимутся в результате возросшей нагрузки на эти цилиндры. Следует заметить, что график работы дефектного цилиндра будет стабильным, без провалов ниже нуля.

3. Для оценки состояния механической части двигателя нужно при работающем двигателе нажать на педаль акселератора до упора и когда частота



Рис. 2. Автосканер

вращения достигнет 3000–4000 мин⁻¹, отключить подачу топлива. Сразу после этого частота вращения КВ начнет снижаться, но еще какое-то время двигатель будет вращаться по инерции, продолжая засасывать в цилиндры воздух и сжимать его. Подачи топлива при этом нет. В результате сжатый в цилиндре воздух после прохождения поршнем ВМТ работает подобно пружине, подталкивая КВ. Чем большее количество воздуха находится в цилиндре в этот момент, тем сильнее толчок. Таким образом, рассчитанная эффективность в этом случае зависит только от состояния механической части двигателя и не зависит от состояния системы подачи топлива.

В результате график проблемного цилиндра на конечном участке замедления будет расположен ниже остальных. Необходимо оценивать именно конечный участок, потому что при достаточно высоких оборотах утечки воздуха из цилиндра сказываются меньше, чем

при низких, когда вследствие медленного движения поршня возрастает время для возможных утечек.

Для описанной методики диагностирования двигателя необходима следующая информация:

1. Для считывания информации о скорости вращения двигателя необходимо подключить мотортестер к датчику вращения [9, 10]. Им может служить датчик положения КВ двигателя. Точность измерения зависит от числа зубьев задающего диска: чем их больше, тем точнее измерение. Следовательно, для измерения не подходит датчик на эффекте Холла, так как число импульсов на оборот КВ в большинстве систем с такими датчиками будет недостаточным.

В случае, когда необходимый датчик вращения отсутствует, можно использовать любой индуктивный датчик, поднесенный к венцу маховика, с которым при запуске двигателя контактирует стартёр. Маховик, с которого считывается скорость вращения, должен быть жестко установлен на КВ. Распределительный и промежуточный валы в качестве источника информации не годятся, так как не имеют жесткой связи с КВ и соответственно на осциллограмму будут внесены искажения.

2. Для корректного отображения номеров цилиндров необходима привязка к первому цилиндру, а также информация об угле импульса привязки относительно ВМТ. Импульс форсунки или датчика положения распределительного вала можно использовать как источник информации о номере цилиндра.

В этом случае нужно точно ввести угол опережения положительного фронта импульса по отношению к ВМТ первого цилиндра. Необходимо задать первоначальный угол опережения впрыска. Здесь не требуется высокая точность, ±10 градусов вполне достаточно.

Необходима информация о числе и порядке работы цилиндров. Она вводится диагностом вручную.

Для выполнения теста необходимо подключить датчик положения КВ к первому каналу мотортестера, затем установить датчик синхронизации по первому цилиндру.

Запустить двигатель, плавно поднять частоту вращения примерно до 3000 мин⁻¹ и отпустить педаль. Затем резко нажать педаль и, когда частота вращения достигнет 3000–4000 мин⁻¹, отключить подачу топлива.

3. Новиков, А.Н. Оценка эффективности функционирования системы подготовки кадров, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения / А.Н. Новиков, А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов, В.И. Самусенко, А.М. Никитин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – № 4 (44). – С. 188–195.

4. Бышов, Н.В. Методы определения рациональной периодичности контроля технического состояния тормозной системы мобильной сельскохозяйственной техники / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.Д. Корчев, И.А. Успенский, И.Н. Николотов, С.Н. Гусаров, Е.А. Панкова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 86. – С. 300–311.

5. Ториков, В.Е. Информационно-консультационная служба в сельском хозяйстве зарубежных стран и России / В.Е. Ториков, В.Ф. Мальцев, Н.М. Белоус, Б.И. Квитко, М.В. Резунова // Брянск. – 2004.

6. Никулин, В.В. Анализ дорожной безопасности транспортных средств в Брянской области / В.В. Никулин [и др.] // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 127. – С. 81–85.

7. Шкрабак, В.С. Совершенствование методов анализа ДТП / В.С. Шкрабак, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович // Совершенствование методов анализа ДТП // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 8. – С. 45–46.

8. Шкрабак, В.С. Влияние надежности транспортных средств на безопасность дорожного движения. / В.С. Шкрабак, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 2. – С. 51–52.

9. Христофоров, Е.Н. Вероятностно-статистические методы в дорожном движении / Е.Н. Христофоров. – Брянск, 2005.

10. Сакович, Н.Е. Математическое моделирование в обеспечении безопасности дорожного движения: монография / Н.Е. Сакович. – Брянск, 2011.

The article proposes a methodology for the analysis of road traffic accidents (Traffic Accidents). The approaches to the development of measures to prevent accidents are provided, and a preliminary distribution of the reasons for which accidents should be decisive is required, and these capabilities allow you to determine the sequence and timeliness of the implementation of effective measures to prevent accidents, the heavier the accident, the faster and more quickly the measures should be implemented aimed at eliminating the possibility of its repetition. To determine the objective quantitative characteristics of accidents, it is proposed to use the expert method.

Keywords: traffic accident; dangerous situation; driver; causes of traffic accident; expert; expert analysis.

Окончание. Начало на стр. 36–37

После проведения теста остановить запись данных и выполнить скрипт нажатием на соответствующую кнопку панели инструментов. Первая вкладка, которая возникнет в результате расчетов скрипта, – «Report». Она отображает рассчитанную скриптом формулу задающего диска и зуб ВМТ первого цилиндра.

Вкладка «Эффективность» представляет собой графики эффективности.

Вкладка «Сжатие» служит для оценки состояния дизельных двигателей.

Вкладка «Опережение относительно ВМТ» характеризует угол опережения впрыска относительно ВМТ.

Вкладка «Зубчатый диск» позволяет оценить состояние задающего зубчатого венца двигателя.

Недостатки описанного метода диагностирования:

первый состоит в том, что не все зубчатые венцы обрабатываются программой достаточно корректно. Для наилучшего отображения необходимо, чтобы зубчатый венец имел как можно больше зубьев. Идеальный вариант – венец маховика, с которым работает стартер;

второй – невозможность работы с двигателями, имеющими длинный КВ. В этом случае из-за упругих деформаций КВ возникает несоответствие толчка от цилиндра скорости зубчатого венца ДПКВ.

Это вносит в измерения значительную погрешность: эффективность цилиндра, находящегося ближе всех к венцу, отображается корректно, а самого дальнего от венца – отображается так, как будто она ниже, чем есть на самом деле.

Выводы

Предлагаемый метод диагностирования позволяет проверить соответствие степени сжатия данного двигателя заводским параметрам, биение зубчатого венца, погнутость зубьев задающего диска датчика положения КВ.

Испытание двигателя осуществляется на основании информации, получаемой от датчика положения КВ и датчика давления в цилиндре. Для выполнения теста необходимо снять осциллограммы зависимости ускорения КВ после воспламенения смеси и величины сигнала датчика положения КВ.

Дальнейшие исследования данной темы должны быть направлены на ав-

томатизацию разработанных методик, написание компьютерных программ, позволяющих на выходе получать готовые графики, таблицы с результатами диагностируемых параметров и рекомендации.

Литература

1. Бардадын, Н.А. Восстановление и упрочнение прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры диффузионным бороникелированием: дис. ... канд. техн. наук / Н.А. Бардадын. – М., 1994. – 278 с.

2. Сенин, П.В. Методы диагностики дизельной топливной аппаратуры / П.В. Сенин [и др.] // Сельский механизатор. – 2015. – № 10. – С. 32.

3. Романченко, М.И. Диагностирование дизеля по моменту начала нагнетания топлива / М.И. Романченко [и др.] // Сельский механизатор. – 2019. – № 12. – С. 40.

4. Потапов, С.В. Исследование пусковых износов тракторного двигателя / Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ // Вестник Брянской ГСХА. – 2004. – № 1 (3). – С. 146–149.

5. Белоус, Н.М. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков // Вестник Брянской ГСХА. – 2010. – № 2. – С. 4–16.

6. Кузнецов, В. В. Техническое обслуживание и диагностика двигателя внутреннего сгорания: учеб. пособие / В. В. Кузнецов. – М.: Академия, 2015. – 80 с.

7. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник для вузов / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: Легион-Автодат, 2015. – 344 с.

8. Губертус Гонтер. Диагностика дизельных двигателей. Пер. с нем. Ю.Г. Грудского. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.

9. Датчик частоты вращения коленчатого вала [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://systemsauto.ru/electric/sensor_synchronization.html. (дата обращения: 28.10.2019).

10. Михальченко, А.М. Технологии повышения ресурса лемехов / А.М. Михальченко, И.В. Козарез, С.И. Будко // Сельский механизатор. – 2008. – № 2. – С. 40–41.

Theoretical studies have been carried out to improve the testing process of diesel engines with pump injectors and Common Rail system, the data obtained allow to increase the accuracy of determining fuel system malfunctions and reduce the complexity of their diagnosis.

Keywords: diagnostics; diesel engine; Common Rail; pump-injector; fuel system.