

УДК 621.43

КОНТРОЛЬ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Чокоей С.А.¹, Караулов А.В.², Бурцев А.Ю.³

¹аспирант 3 года обучения кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (ЮУрГАУ), г. Челябинск.

²аспирант кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (ЮУрГАУ), г. Челябинск.

³к.т.н., доцент кафедры «Горного дела и техносферной безопасности» филиала Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово.

Аннотация. В статье раскрываются особенности современных методов диагностирования цилиндропоршневой группы. Делается анализ их преимуществ и недостатков. На основе анализа, принимается решение о проработке тестового метода диагностирования. Основой метода является загрузка отдельных работающих цилиндров мощностью механических потерь, тех цилиндров, которые отключили. Результат работы заключается в повышении точности и достоверности диагностирования цилиндропоршневой группы.

Ключевые слова: двигатель, цилиндропоршневая группы, герметичность, методы, средства, контроль, диагностирование, отказ.

Актуальность исследования. В современной системе технического обслуживания и ремонта автотранспорта, диагностика занимает одно из ключевых мест [1, 2, 3]. Так как, современные требования, предъявляемые к нормам выбросов от автомобиля и конструкторским методам совершенствования узлов ДВС, растут [4, 5, 6]. Это побуждает к созданию наиболее точных методов диагностирования с высоким уровнем точности идентификации и технического состояния каждого из отдельных элементов узла и его обобщенного технического состояния, в частности [7, 8, 9]. Рассмотрим распределение неисправности в бензиновом двигателе, продемонстрированном на (рисунке 1) [10, 11].

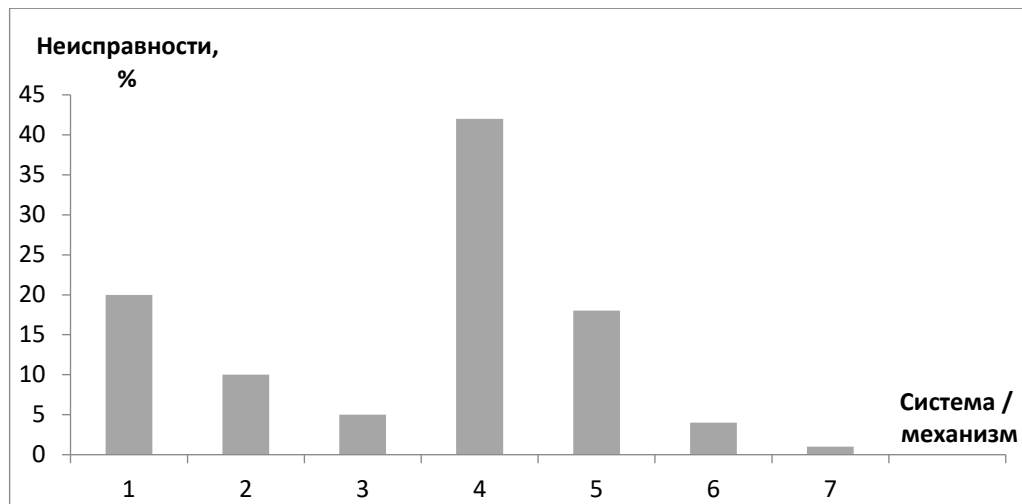


Рисунок 1 – Распределение неисправностей в бензиновых двигателях легковых автомобилей: 1 - цилиндропоршневая группа; 2 - кривошипно-шатунный механизм; 3 - газораспределительный механизм; 4 - система зажигания и электрооборудование; 5 - система питания; 6 - система охлаждения; 7 - система смазки

Одним из наиболее трудоёмких и частых отказов для бензиновых ДВС является ЦПГ [12, 13, 14]. Это связано с тем, что ЦПГ работает при постоянных знакопеременных физических нагрузках, сложном тепловом режиме, что вызывает вибрации и приводит к быстрому изнашиванию [15, 16]. Также, причиной возникновения неисправности ЦПГ может быть комплексное влияние других систем [17, 18]. Например, неисправность системы очистки воздуха приводит к увеличению интенсивности износа двигателей ЯМЗ, из-за возникновения абразивного износа [19, 20]. Для автотракторной техники актуально оплавление каталитического нейтрализатора (КН), загрязнение сажевого фильтра и уменьшение площади сот, вследствие чего увеличивается противодавление выхлопной системы [21, 22, 23].

Основными причинами износа ЦПГ являются абразивные частицы, поступающие из атмосферного воздуха, которые попадают в масло и топливо, тем самым снижая качество работы соответствующих систем [24, 25].

Пыль, попадая в двигатель, вызывает интенсивный абразивный износ его деталей. В процессе износа ЦПГ, а именно поршней и колец происходит постепенное увеличение зазора между вертикальным профилем соединения «поршень – кольцо» и стенкой гильзы цилиндра. Это объясняется тем, что происходит образование отложений и нагара выше первого компрессионного кольца, в следствие чего наступает масляное голодание, а также, снижается компрессия в камере сгорания. Для создания необходимой эффективной мощности в цилиндрах, при постепенном снижении компрессии, электронному блоку управления двигателя (ЭБУД) требуется постоянная коррекция (повышение) расхода топлива, что отражается на топливно-экономических показателях работы двигателя. С учетом всего выше сказанного, **целью исследования** является анализ методов диагностирования

цилиндропоршневой группы и последующий анализ диагностической информации.

Материалы и методы. Выделяют два основных концептуальных подхода к методам диагностирования ЦПГ – безразборный метод и разборный метод. Разборные методы диагностики не получили своего развития из-за высоких финансовых и трудовых затрат [1, 2]. В связи с этим получили значительное развитие безразборные методы диагностирования ЦПГ (рисунок 2).



Рисунок 2 – Современные направления безразборных инструментальных методов диагностирования ЦПГ с помощью внешних устройств

Первыми по порядку возникновения (безразборными методами диагностирования) являются субъективные методы. Наиболее распространенным представителем данных методов является – метод по стукам во время работы двигателя. Для диагностирования как ЦПГ, так и других механизмов двигателя применяется автостетоскоп. Внешним признаком нарушения функционирования двигателя является стук, прослушиваемый стетоскопом при его работе. Места прослушивания различны и у каждой модели двигателя свое наиболее оптимальное место для получения более четкого стука. Так же характер стука у каждой неисправности свой.

Данный метод не позволяет определить степень износа различных деталей ЦПГ, обладает низкой точностью, высокой трудоемкостью, результат зависит от квалификации специалиста и т.д. Развитием данного метода стало применение гибких эндоскопов для визуального осмотра камеры сгорания (КС) без разборки двигателя, однако, данный метод ограничен объемом осматриваемого пространства и имеет такие же недостатки, как и у метода с автостетоскопом.

Развитие методов диагностирования ЦПГ привело к появлению инструментальных встроенных методов диагностирования, которые применяют ЭБУД для самодиагностики. Так встроенные индикаторы диагностирования вынесены на приборную панель автотранспортного средства – частота вращения коленчатого вала двигателя (ЧВКВД),

температура охлаждающей жидкости (ОЖ), и другие. Это дает возможность контролировать параметры во время работы двигателя, посредством набора датчиков. С помощью встроенных алгоритмов в ЭБУД производится анализ информации, и при отклонении контролируемых параметров происходит оповещение оператора-водителя.

Также получили развитие инструментальные методы диагностирования ЦПГ, осуществляемые внешними приборами. Наиболее распространенным методом диагностирования ЦПГ по параметрам герметичности КС является метод по контролю компрессии. Данный метод наиболее распространен в применении и универсален, однако обладает рядом недостатков – низкая точность, чувствительность к износу маслосъемных колец, количеству топлива, плотности прилегания клапанов ГРМ, температуре двигателя, зарядке АКБ, сопротивлению во впускном патрубке, температуре масла, паразитному объему переходного устройства и т.д. Данным методом с помощью компрессометра определяется развиваемая компрессия в зависимости от степени утечки воздуха из цилиндра. С новыми поршневыми кольцами ДВС может иметь утечку не более 5-6%, а при эксплуатации это значение может достигать до 30% и более. Замеры компрессии выполняют несколько раз для повышения точности диагностирования, при этом разница показаний манометра в отдельных цилиндрах не должна превышать – 0,1 МПа для инжекторных (бензиновых) и 0,2 МПа – для дизельных двигателей.

Другим вектором развития методов диагностирования ЦПГ являются методы по параметрам масла. Наибольшее распространение получил метод по составу элементов износа в масле. К недостаткам данного метода относится: невозможность диагностировать отдельный цилиндр, высокая стоимость аппаратуры для диагностирования, слабая чувствительность диагностического параметра при малых износах, низкая точность диагностирования и т.д. Данный метод основан на качественном и количественном анализе состава элементов износа ЦПГ в масле на основе атомно-адсорбционной спектрофотометрии. Данный метод не получил распространения в связи с ограниченностью финансовых возможностей потребителей, а также из-за высоких требований к специалисту и применяемому оборудованию [6, 7].

Примером метода диагностирования ЦПГ по параметрам, измеряемым на коленчатом валу, является метод, разработанный Гребенниковым А.С. по внутрицикловым изменениям угловой скорости коленчатого вала. Данный метод основан на анализе амплитудно-фазовых колебаний угловой скорости коленчатого вала, измеряемым с помощью любого современного осциллографа, который может снимать показания с датчика коленчатого вала. Данный метод обладает рядом недостатков: сложность диагностирования V-образного двигателя, низкая точность при увеличении числа рабочих цилиндров, на значение диагностического показателя могут влиять антивибрационные системы и т.д.

Наибольшую перспективность имеют тестовые методы. Так как они позволяют моделировать такие режимы нагрузки, при которых

чувствительность к частному или комплексному износу цилиндра будет максимальной. Примером такого метода является диагностирование с использованием приемов полного и частичного отключения цилиндров на холостом ходу. Так как в процессе износа цилиндра падает развиваемая им индикаторная мощность, то во время работы двигателя на холостом ходу вся мощность переходит из индикаторной мощности в мощность механических потерь. Соответственно, при работе ДВС на одном цилиндре с частичным отключением отдельных циклов, ЭБУД будет увеличивать минимальную устойчивую ЧВКВД и стремиться поддерживать максимальную ЧВКВД, что отразится на изменении расходов воздуха и топлива.

Значительное развитие получило также применение внешних диагностических средств. Такими устройствами стали мотор-тестеры и сканеры. Мотор-тестеры позволяют в режиме реального времени определять состояние двигателя и его элементов по различным диагностическим параметрам - развиваемой мощности, балансу мощности по цилиндрам, относительной компрессии и др. Диагностические сканеры работают по принципу индикаторного диагностического устройства. Они только проверяют наличие или отсутствие неисправностей в каком-либо узле, но не сообщают причины, так же они могут считывать и выводить код ошибки на экран сканирующего устройства.

Выводы. Анализ распределения неисправностей в бензиновых ДВС показал, что одним из наиболее частых и наиболее трудоёмких отказов является отказ цилиндропоршневой групп. Это связано с попаданием в топливо и масло абразивных частиц – воздушной пыли. Изменение технического состояния ЦПГ отражается на расходах основных материалов – масла, воздуха и топлива, что позволило выбрать их в качестве основных диагностических параметров. Исходя из проведенного анализа методов диагностирования ЦПГ современных автотракторных средств наиболее перспективными являются тестовые методы диагностирования на основе частичного и полного отключения работы цилиндров.

Список литературы:

1. Производственный потенциал сельского хозяйства: этапы развития, состояние, проблемы модернизации / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, М. В. Запевалов, Н. В. Костюченков. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2018. – 292 с. – ISBN 978-5-88156-798-9. – EDN XWKBRJ.
2. Формирование инвестиционного механизма в сфере технического сервиса в сельском хозяйстве / В. И. Черноиванов, В. П. Лялякин, Л. А. Солодкина [и др.]. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка Россельхозакадемии, 2013. – 298 с. – ISBN 978-5-98231-012-5. – EDN RYTETV.
3. Патент № 2418190 С2 Российская Федерация, МПК F02М 65/00. Способ диагностирования системы топливоподачи двигателя: №

2009123798/06: заявл. 22.06.2009: опубл. 10.05.2011 / С. С. Куков, Д. Д. Бакайкин, А. В. Гриценко; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Челябинский государственный агроинженерный университет". – EDN SHGTSI.

4. Test diagnostics of engine systems in passenger cars / A. Gritsenko, V. Shepelev, E. Zadorozhnaya, K. Shubenkova // FME Transactions. – 2020. – Vol. 48, No. 1. – P. 46-52. – DOI 10.5937/fmet2001046G. – EDN SGRUWJ.

5. Гриценко, А. В. Результаты экспериментальных исследований пропускной способности электромагнитных форсунок / А. В. Гриценко, Д. Д. Бакайкин // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 12(75). – С. 120-127. – EDN PNFQWX.

6. Власов, Д. Б. Диагностирование электрических насосов автомобилей / Д. Б. Власов, А. В. Гриценко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 4-1(15-1). – С. 176-180. – DOI 10.12737/13917. – EDN SWFGKN.

7. Gritsenko, A. V. A study of the environmental qualities of diesel engines and their efficiency when a portion of their cylinders are deactivated in small-load modes / A. V. Gritsenko, K. V. Glemba, A. A. Petelin // Journal of King Saud University. Engineering Sciences. – 2021. – Vol. 33, No. 1. – P. 70-79. – DOI 10.1016/j.jksues.2019.12.001. – EDN FICNSG.

8. Технология и методы диагностирования топливных насосов: учебное пособие / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, А. В. Старунов [и др.]. – Челябинск: ЮУрГАУ, 2022. – 100 с. – ISBN 978-5-88156-898-6.

9. Индивидуальный газоанализ и его особенности при тестовом диагностировании / А. В. Гриценко, Г. Н. Салимоненко, И. Х. Гималтдинов [и др.] // АПК России. – 2021. – Т. 28, № 1. – С. 28-38. – EDN BVAPDV.

10. Методы снижения токсичности и экологичность современных автомобилей / Н. Н. Русакова, В. Е. Уланов, А. В. Гриценко, И. Х. Гималтдинов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 285-291. – EDN BRNVAB.

11. Диагностирование электрических насосов по силе тока питания при сопротивлении в топливосистеме / К. В. Глемба, А. В. Гриценко, К. А. Цыганов, Д. Б. Власов // Евразийское Научное Объединение. – 2015. – Т. 1, № 11(11). – С. 16-18. – EDN VBYJXB.

12. Гриценко, А. В. Комплексное диагностирование электрического бензонасоса системы топливоподачи / А. В. Гриценко, Д. Б. Власов, А. М. Плаксин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – Т. 4, № 5-4(25-4). – С. 239-243. – EDN XAYBJH.

13. Environmental Control and Test Dynamic Control of the Engine Output Parameters / A. Gritsenko, V. Shepelev, G. Salimonenko [et al.] // FME

Transactions. – 2020. – Vol. 48, No. 4. – P. 889-898. – DOI 10.5937/fme2004889G. – EDN YHIYOU.

14. Диагностирование электромагнитных форсунок по изменению качественного состава топливной смеси / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, К. В. Глемба [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-11. – С. 2380-2384. – EDN TARFPD.

15. Гриценко, А. В. Диагностирование электрических бензонасосов системы питания автомобилей с микропроцессорной системой управления двигателем / А. В. Гриценко, К. А. Цыганов // Достижения науки - агропромышленному производству: ЛП Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 24–26 января 2013 года. Том 3. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2013. – С. 49-55. – EDN UGVCMX.

16. Тестовое диагностирование электрических топливных насосов / А. В. Гриценко, К. И. Лукомский, Д. Б. Власов, К. В. Глемба // АПК России. – 2017. – Т. 24, № 5. – С. 1161-1167. – EDN ZXVRDP.

17. Патент № 2474805 С1 Российская Федерация, МПК G01M 15/04. Способ диагностирования выпускного тракта поршневых двигателей внутреннего сгорания : № 2011139288/06 : заявл. 26.09.2011 : опубл. 10.02.2013 / С. С. Куков, А. В. Гриценко, К. А. Цыганов, А. В. Горбунов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Челябинская государственная агроинженерная академия". – EDN XNXMZX.

18. Forecasting the Passage Time of the Queue of Highly Automated Vehicles Based on Neural Networks in the Services of Cooperative Intelligent Transport Systems / V. Shepelev, S. Aliukov, S. Zhankaziev [et al.] // Mathematics. – 2022. – Vol. 10, No. 2. – P. 282. – DOI 10.3390/math10020282. – EDN RGEZLG.

19. The Role of Reverse Logistics in the Transition to a Circular Economy: Case Study of Automotive Spare Parts Logistics / I. Makarova, K. Shubenkova, P. Buyvol [et al.] // FME Transactions. – 2021. – Vol. 49, No. 1. – P. 173-185. – DOI 10.5937/FME2101173M. – EDN PXKYDE.

20. Methodical Framework for Evaluating the Level of the Carrying Capacity of Transport Systems in View of the Irregularity of Cargo Flows / Z. Almetova, V. Shepelev, E. Shepeleva [et al.] // Transportation Research Procedia, Padova, 07–09 марта 2018 года. – Padova, 2018. – P. 226-235. – DOI 10.1016/j.trpro.2018.09.025. – EDN MBAUBF.

21. Снижение токсичности отработавших газов дизельного двигателя путем отключения части его цилиндров / В. Н. Кожанов, А. А. Петелин, А. В. Гриценко, В. Д. Шепелев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2018. – Т. 18, № 2. – С. 34-44. – DOI 10.14529/engin180204. – EDN XREQWL.

22. Гриценко, А. В. Исследование режимов работы электрических бензиновых насосов автомобилей при искусственном формировании гидравлического сопротивления / А. В. Гриценко, К. В. Глемба, О. Н. Ларин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2016.

– № 2(30). – С. 47-55. – DOI 10.20291/2079-0392-2016-2-47-55. – EDN WBWUAJ.

23. Gritsenko, A. V. Diagnostics of the fuel supply system of auto ICEs by the test method / A. V. Gritsenko, V. D. Shepelev, I. V. Makarova // Journal of King Saud University. Engineering Sciences. – 2021. – DOI 10.1016/j.jksues.2021.03.008. – EDN RXLLVJ.

24. Makarova, I. Improvement of environmental compliance of Urban transport system through enlarging fleet of gas-engine municipal machinery / I. Makarova, L. Gabsalikhova, A. Gritsenko // Transportation Research Procedia : 14, Saint Petersburg, 21–24 октября 2020 года. – Saint Petersburg, 2020. – P. 405-413. – DOI 10.1016/j.trpro.2020.10.048. – EDN DUUXKW.

25. Разработка методов и средств диагностирования элементов топливной системы бензиновых ДВС / А. В. Гриценко, К. В. Глемба, О. Н. Ларин [и др.] // Контроль. Диагностика. – 2015. – № 3. – С. 62-67. – DOI 10.14489/td.2015.03.pp.062-067. – EDN TKLAJF.