

УДК 621.43.001.42

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДВС И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Караулов А. В.¹, Старунов А. В.¹, Барышников С. А.¹,
Бурцев А. Ю.²

¹аспирант, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

¹к.т.н., доцент, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

¹к.т.н., доцент, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

²к.т.н., доцент, филиал КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово.

Аннотация: В материалах статьи представлены практические результаты разработки алгоритма диагностирования цилиндропоршневой группы. Рассмотрены особенности реализации тестовых режимов для надежного контроля отказов цилиндропоршневой группы. Своевременный контроль объективных параметров позволяет активно управлять техническим состоянием автотракторных двигателей. Эффективность алгоритма подтверждена в производственных условиях.

Ключевые слова: диагностирование, алгоритм, цилиндропоршневая группа, метод, износ, отказ, тест.

Abstract: The article presents practical results of the development of an algorithm for diagnosing the cylinder-piston group. The features of the implementation of test modes for reliable monitoring of cylinder-piston group failures are considered. Timely monitoring of objective parameters allows active management of the technical condition of automotive and tractor engines. The efficiency of the algorithm is confirmed in production conditions.

Keywords: diagnostics, algorithm, cylinder-piston group, method, wear, failure, test.

Актуальность вопроса. На сегодняшний день активно развивается система технического обслуживания и ремонта [1, 2]. Разработчики автотракторных систем стремятся создать сверхнадежные ДВС, с минимальным количеством регулировочных операций [3, 4, 5]. Известны ДВС со значительными пробегами до капитальных ремонтов – 0,5...1,0 млн. км [6, 7, 8]. Тем не менее, количество отказов механических систем ДВС остается на достаточно высоком уровне [9, 10, 11]. Например, цилиндропоршневая группа (ЦПГ) является ресурсным узлом ДВС и лимитирует надежность всего автотракторного средства [12, 13, 14]. При современном уровне используемых масел, присадок к ним, фильтров отказы наступают достаточно редко [15, 16]. Однако, при заметном ухудшении их качества интенсивность износа ЦПГ может существенно возрасти [17, 18]. При этом периодический контроль технического состояния ЦПГ очень важен с целью определения ресурса или интенсивности изменения ее технического состояния [19, 20]. С этой целью используется

большое разнообразие средств контроля, от встроенных до внешних [21, 22]. Кроме того, разрабатываются альтернативные средства и методы контроля ЦПГ, довольно эффективные в эксплуатации [23, 24, 25]. Нами предлагается тестовый метод контроля ЦПГ на основе использования прибора ДБД-3 [3, 7, 10]. Его преимуществом является высокая чувствительность к возникающим отказам на любой стадии развития [15, 16, 25]. С учетом сказанного целью исследования является разработка алгоритма реализации тестового метода контроля ЦПГ и апробация его в эксплуатации.

Методы и материалы. Экспериментально при помощи ДБД-3 (отключателя электромагнитных форсунок) были установлены взаимосвязи степени износа цилиндров ДВС с показателями тестовых режимов. Для получения достоверных результатов диагноза необходимо проводить тестирование двигателя в определенной последовательности. Для четкого соблюдения выполнения последовательности действий был разработан алгоритм определения технического состояния ЦПГ, который представлен на рисунке 1.

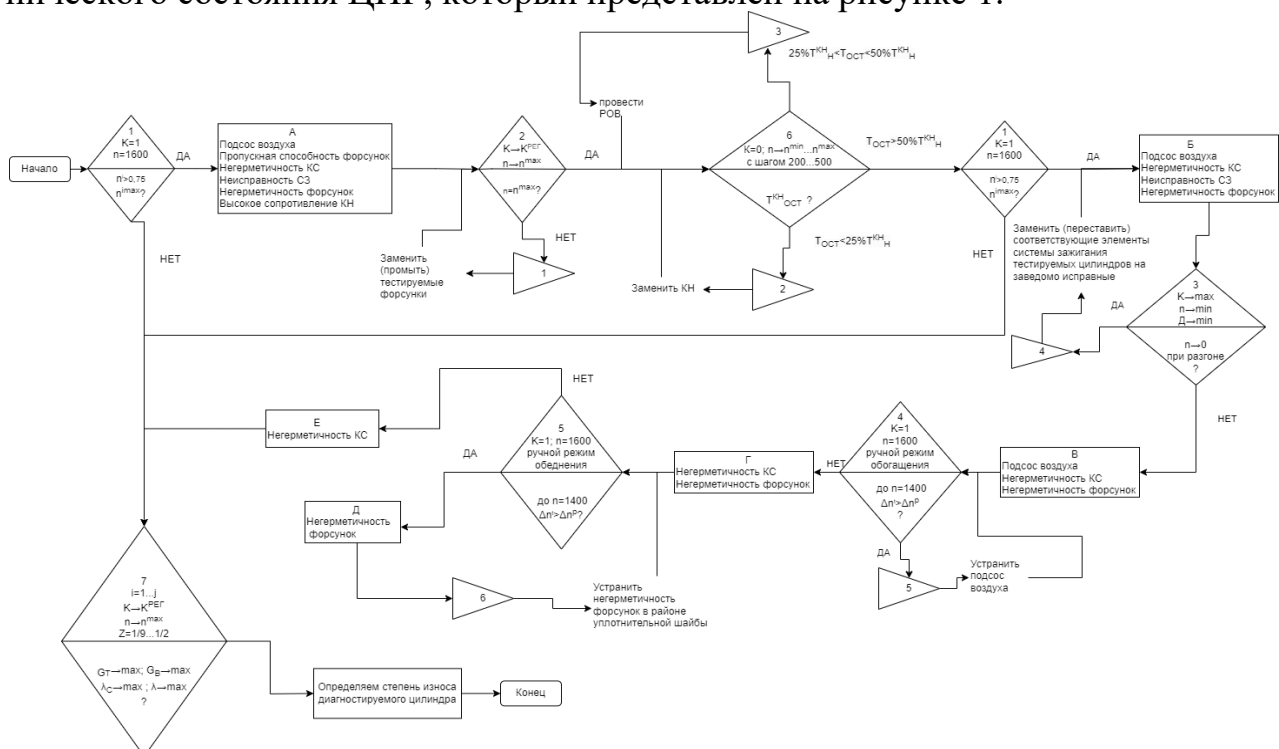


Рисунок 1 – Первая часть алгоритма процесса диагностирования ЦПГ тестовым методом с учетом возникновения других неисправностей ДВС

Перед проведением процесса диагностирования по условному алгоритму, необходимо подготовить двигатель к тестовому контролю. Двигатель прогревается до рабочей температуры охлаждающей жидкости – 90 °С. Вместо штатного ЭБУ устанавливается тестовый прибор ДБД-3, который в свою очередь, через сетевой кабель подсоединяется к ПК. Запускается ПК с рабочей программой для тестового контроля. Применяемая диагностическая программа функционально совмещена с тестовым прибором ДБД-3. Кнопкой управления устанавливается связь тестового прибора ДБД-3 с ПК, правильность подсоединения определяется появлением надписи: «Соединение уста-

новлено». После чего в рабочем поле интерфейса программы появляется поле с рабочими параметрами. Подготовка завершена и приборное средство ДБД-3 готово к проведению тестового контроля. Рассмотрим каждое отдельное тестовое воздействие, которые применяются в алгоритме (рисунок 1).

Тест 1 – представляет собой обобщенный вариант комплексной проверки мощностного баланса с целью выявления степени неравномерности вклада отдельных цилиндров в общий баланс мощности. При полной исправности всех систем ДВС, последовательное отключение из работы отдельных цилиндров будет вызывать одинаковые отклонения частоты вращения коленчатого вала двигателя, что выражается в виде закономерности – $n = 0,75 \cdot n^{\max}$.

В случае несоблюдения условия по допустимости снижения параметра n возможно наличие ряда неисправностей, приведенных в прямоугольнике «А». Неисправности, указанные в прямоугольнике «А» проявляют себя абсолютно одинаково. Важно разделить каждую неисправность.

Тест 2 – проводится для целей выявления отклонения топливopодачи форсунок от эталонной величины. Для чего реализуется условие $K \rightarrow K^{\text{РЕГ}}$, (отключается максимальное количество цилиндров, и остается в работе один из четырех цилиндров на котором происходит испытание) и условие $n \rightarrow n^{\max}$ (устанавливается максимально возможная частота вращения коленчатого вала ДВС). В случае если частота вращения коленчатого вала значительно ниже максимально-возможной частоты (установленной в качестве эталонной для этого двигателя), то проводится РОВ (ремонтно-восстановительное воздействие) заключающееся в замене (промывке) тестируемой форсунки (треугольник 1). После выполнения РОВ, повторяют выполнение теста 2. В случае, когда условие $n \rightarrow n^{\max}$ выполняется, то исключаются из рассмотрения неисправности форсунок и высокого сопротивления КН. Если результаты снижаются на одинаковое значение по степени отклонения тестового показателя, то переходят к тесту 3.

Тест 3 – заключается в установлении степени износа КН и контроле ресурсных параметров $T_{\text{ост}}$. Для чего проводится тест с условиями – $K=0$ (в работе остаются все работающие цилиндры), плавно повышается значение n , начиная с n^{\min} до n^{\max} с шагом 200...500 мин⁻¹. Если $T_{\text{ост}}$ меньше 25% то требуется замена КН (треугольник 2), если 25% - 50% то необходимо провести РОВ (треугольник 3), в иных случаях техническое состояние КН является допустимым (отклонения по n^{\min} и n^{\max} отсутствуют или находятся в пределах $\pm 10\%$ от эталонных значений).

Выводы: Таким образом, реализован алгоритм диагностирования современных автотракторных средств с активным использованием тестовых методов. При исправности всех систем ДВС, проводятся только вертикальные тесты 1 и 7. При наличии каких-либо неисправностей, проводятся горизонтальные цепочки тестов, предназначенные для конкретизации поиска дефектов. Окончанием алгоритма является тест на исправность ЦПГ. В случае если условие теста выполняется, то в этом случае ДВС эксплуатируется дальше. В обратном случае, выполняется устранение отказов ЦПГ. Алгоритм позволяет

автоматизировать процесс контроля систем ДВС и быстро определять эпицентр зреющих отказов. Представленная методика рекомендуется сервисным предприятиям.

Список литературы

1. Гриценко, А. В. Разработка эффективных средств и методов диагностирования двигателей внутреннего сгорания автомобилей / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2011. – Т. 58. – С. 111-117. – EDN OZPEXD.
2. Гриценко, А. В. Методические приемы повышения точности диагностирования подшипников коленчатого вала / А. В. Гриценко, К. В. Глемба, С. С. Куков // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2010. – Т. 57. – С. 51-56. – EDN OZOTBL.
3. 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.
4. Гриценко, А. В. Теоретическое обоснование диагностирования цилиндропоршневой группы в режиме прокрутки двигателя стартером / А. В. Гриценко, С. С. Куков, К. В. Глемба // Пром-Инжиниринг: труды II международной научно-технической конференции, Челябинск - Новочеркасск - Волгоград - Астана, 19–20 мая 2016 года / ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет). – Челябинск - Новочеркасск - Волгоград - Астана: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – С. 114-117. – EDN WFUKYX.
5. Гриценко, А. В. Метод диагностирования систем ДВС по тестовому контролю правильности функционирования систем / А. В. Гриценко // Экономика и производство: сборник научных трудов / под редакцией В.В. Ерофеева. – Челябинск: Челябинское региональное отделение РАЕН, 2012. – С. 113-121. – EDN VDSFJN.
6. Гриценко, А. В. Теоретическое исследование работы электромагнитной форсунки и ее влияние на процесс топливоподачи / А. В. Гриценко, С. С. Куков, Д. Д. Бакайкин // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2012. – № 3(54). – С. 40-41. – EDN RBFGAF.
7. Гриценко, А. В. Диагностирование систем двигателя внутреннего сгорания бестормозным методом с перераспределением цилиндровых нагрузок / А. В. Гриценко // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2011. – Т. 58. – С. 108-110. – EDN OZPEWJ.
8. Бакайкин, Д. Д. Техническое обслуживание элементов системы топливоподачи бензинового двигателя с электронной системой управления / Д. Д. Бакайкин, С. С. Куков, А. В. Гриценко // Вестник Челябинского агроинженерного университета. – 2006. – Т. 47. – С. 10-13. – EDN UWOGAH.

9. Гриценко, А. В. Обоснование и разработка средств и методов диагностирования двигателей внутреннего сгорания автомобилей / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Достижения науки - агропромышленному производству: Материалы I Международной научно-технической конференции, Челябинск, 01–02 марта 2011 года / Редактор: Н.С. Сергеев. Том Часть 3. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2011. – С. 7-11. – EDN UCGEWP.

10. 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.

11. Гриценко, А. В. Обоснование и разработка эффективных систем диагностирования двигателей внутреннего сгорания мобильных сельскохозяйственных машин / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Достижения науки - агропромышленному производству: Материалы LI Международной научно-технической конференции, Челябинск, 26–28 января 2012 года / Под редакцией Н.С. Сергеева. Том Часть III. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2012. – С. 20-25. – EDN UATEIN.

12. Гриценко, А. В. Оптимизация процесса диагностирования автотракторной техники минимизацией затрат / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2013. – Т. 63. – С. 42-46. – EDN RSCQDD.

13. Гриценко, А. В. Алгоритм, информационные характеристики процесса технического диагностирования, методики проектирования и оптимизации устройств диагностирования / А. В. Гриценко // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2013. – Т. 63. – С. 38-41. – EDN RSCQCT.

14. Гриценко, А. В. Разработка тестовых систем диагностирования мобильных энергетических средств / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин, К. А. Цыганов // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2013. – Т. 65. – С. 9-19. – EDN RSCPNT.

15. Гриценко, А. В. Определение эффективности использования средств технического диагностирования с учетом частоты отказов систем ДВС / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2012. – Т. 60. – С. 45-48. – EDN OZPFXH.

16. Гриценко, А. В. Диагностирование систем ДВС на тестовых статических режимах / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2012. – Т. 61. – С. 31-38. – EDN PANXLR.

17. Плаксин, А. М. Взаимосвязь конструктивного совершенствования мобильных энергетических средств с методами диагностирования их технического состояния / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-15. – С. 3373-3377. – EDN SWOBRR.

18. Исследование процесса выбега ДВС легковых автомобилей при искусственном формировании сопротивления / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин, К. В. Глемба [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-4. – С. 749-753. – EDN SWNRIV.

19. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, С. Э. Бисенов [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8-2. – С. 322-326. – EDN SHRHOL.

20. Глемба, К. В. Диагностирование коренных и шатунных подшипников кривошипно-шатунного механизма / К. В. Глемба, А. В. Гриценко, О. Н. Ларин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2014. – Т. 14, № 1. – С. 63-71. – EDN SBNNQD.

21. Гриценко, А. В. Концепция развития методов и средств диагностирования автомобилей / А. В. Гриценко // Достижения науки - агропромышленному производству: ЛП Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 24–26 января 2013 года. Том 3. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2013. – С. 42-49. – EDN UGUHIX.

22. Гриценко, А. В. Метод диагностирования газораспределительного механизма по параметрам расхода воздуха и фаз газораспределения ДВС / А. В. Гриценко // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2012. – Т. 62. – С. 32-34. – EDN PETYUH.

23. 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.

24. 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.

25. К вопросу исследования процесса диагностирования цилиндропоршневой группы / С. С. Куков, А. В. Гриценко, К. В. Глемба [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11-1. – С. 47-52. – EDN XALCFX.