

УДК 621.432

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ

Бурцев А.Ю.¹, Снимщиков П.А.²

¹к.т.н., доцент кафедры «Горного дела и техносферной безопасности» филиала Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово.

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

Аннотация. В материалах статье рассмотрены вопросы особенностей контроля технического состояния турбокомпрессоров. В качестве оценочных параметров выступают параметры работающего масла. Среди них: величины давления, температуры, подачи масла в рабочий зазор подшипника турбокомпрессора. В качестве результатов исследования, выдвигаются методические приемы контроля параметров турбокомпрессора.

Ключевые слова: двигатель, турбокомпрессор, газотурбинный наддув, датчики контроля, параметры работоспособности.

Актуальность исследования. Современный автотракторный парк отличается значительным разнообразием систем, узлов и механизмов [1, 2, 3]. Современные заводы изготовители стремятся, с одной стороны, придерживаться рамок экологических программ, с другой – потребностью индивидуальных владельцев [4, 5, 6]. В экологических программах формируются ограничительные требования по выбросам отработавших газов, которых нужно строго придерживаться [7, 8, 9]. Индивидуальный владелец выдвигает требования, часто прямо противоположные экологическим стандартам [10, 11, 12]. Среди них – автотракторная техника большой мощности с широкими возможностями и значительной универсальностью [13, 14, 15]. Комбинируя экологичность и значительные мощностные показатели, заводы изготовители производят универсальную автотракторную технику на основе газотурбинного наддува [16, 17, 18]. Оснащение газотурбинным наддувом позволяет существенно увеличить мощность, но влечет за собой ряд вопросов, касающихся обеспечения высокой надежности [19, 20, 21]. Турбонаддув увеличивает температуру большинства деталей и систем двигателя [22, 23]. Кроме того, повышает удельные нагрузки на элементы двигателя. В процессе эксплуатации важен непрерывный контроль параметров турбокомпрессора и его системы смазки [24, 25]. С учетом сказанного, **целью исследования** является разработка методики контроля технического состояния турбокомпрессоров и формирование частных приемов.

Материалы и методы. Для разработки методики контроля технического состояния турбокомпрессора возникает необходимость рассмотрения комплекса взаимосвязей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Комплекс взаимосвязей при контроле технического состояния турбокомпрессора

Как видно из рисунка 1, функционирование турбокомпрессора в составе ДВС связано с работой микропроцессорной системы управления. Правильность функционирования ТКР может быть обеспечено за счет модернизированных систем: 1. Воздухоподдачи и охлаждения турбины ТКР воздухом; 2. Смазки и охлаждения маслом подшипника ТКР и корпуса ТКР.

Работа двух данных систем позволит обеспечить заданные функциональные показатели, а вместе с ними – высокие сроки службы и долговечность. Новые системы должны обеспечить возможность реализации функций адаптивности и самокоррекции в процессе работы ТКР.

Использование функций адаптивности и самокоррекции: для разработки встроенной системы контроля позволяющей применять принципы адаптивности и самоконтроля необходимо рассмотреть общие принципы построения алгоритмов и методик.

В современном автотракторостроении технический контроль внедряется для возможности оценки технического состояния систем, измерения параметров, установления ресурсных параметров и обеспечения обратной связи на основании полученных результатов. Результатом контроля как правило является определенный набор качественной и количественной информации о функционировании ТКР. На основе этого перечня информационных данных обеспечивается эффективное управление элементами ТКР, корректируются режимы смазки, воздухоподдачи и охлаждения, обеспечивается обратная связь. Все зависит от начальной цели, которая формируется при внедрении встроенной системы контроля. Наиболее

простой целью может являться обеспечение постоянного уровня поступающей смазки к подшипнику ТКР, без учета других важных составляющих процесса смазки и охлаждения ТКР. Наиболее сложной целью может являться обеспечение комплексного эффекта, заключающегося в точном соответствии входных и выходных параметров функционирования ТКР заданным пределам (например: одновременное управление подачей масла, его давлением и температурой). Многозадачность управления работой ТКР может быть решена на основе использования встроенной системы контроля, базирующейся на основных принципах. Рассмотрим каждый из них в отдельности:

Начальным ограничением является - принцип достаточности датчиков, исполнительных устройств и электронных компонентов. С этой точки зрения, сам ЭБУ выбирается исходя из обеспечения минимально необходимого числа контролируемых параметров и возможности качественного управления процессами ДВС и ТКР в частности. Это условие запишется в виде:

$$R_{\text{ЭБУ}} = f(\sum_{i=1}^n N_i) = \min, \quad (1)$$

где $R_{\text{ЭБУ}}$ – разрядность ЭБУ для возможности качественного управления процессами ДВС и ТКР в частности, бит; N_i – число контролируемых параметров, шт.

При этом должно быть обеспечено соответствующее разрешение контролируемых сигналов в выбранных диапазонах функционирования ТКР. Разрешение определяется минимально возможным изменением контролируемого сигнала, который выбран в качестве диагностического. Часто при оцифровке контролируемых данных АЦП ограничивает уровень разрешения контролируемого параметра, что влияет на дискретность распознавания изменения технического состояния.

Каждый контролируемый параметр должен нести максимальную информацию о правильности функционирования элемента ТКР, изменении его технического состояния. Условие максимального количества информации при заданном числе контролируемых параметров можно описать функцией вида:

$$И = f(\sum_{i=1}^n N_i) = \max, \quad (2)$$

В тот же момент количество и качество полученной информации должны обеспечивать всесторонний охват управляемого процесса функционирования ТКР и оценки его технического состояния. Система встроенного контроля ТКР в тот же момент должна обеспечивать высокую скорость обработки данных при наличии минимально возможного числа процедур сопутствующих контролю процессов. В литературных источниках по тематике микроконтроллеров и информационного обеспечения указывается на оснащение встроенной системы контроля минимальным количеством датчиков для обеспечения качественного процесса мониторинга и распознавания технического состояния возможно большего числа элементов ТКР. Минимальное число датчиков ограничивается особенностями контролируемых процессов. Так помимо регистрации изменения параметра, требуется преобразование сигнала в цифровой вид, его разложение, фильтрация, сравнение, расчет, коррекция и т.д. Все эти сопутствующие

процессы отвлекают большие ресурсы ЭБУ и снижают рабочую частоту контроля работы элементов. Тем более, когда происходит параллельная регистрация групп параметров. Уже на первичном уровне формируется максимальная частота входного сигнала, его скорость и все возможные ограничения. Так, например датчик может контролировать параметр в значительно более расширенном диапазоне частот, скоростей и амплитуд. Тогда как входной каскад ЭБУ часто ограничен и защищен от повышенных значений входных величин. Один широкополосный датчик может гарантированно контролировать множество процессов статических, динамических, быстропеременных, сигналов на выделенных частотах и т.д. Однако обилие полученной информации ничего не решает без наличия специально разработанных скриптов, программ, алгоритмов. Поэтому для комплексной оценки технического состояния ТКР применяют многопараметрические системы уравнений для определения оптимального результата.

Выводы. Анализ вопроса показал на активное использование турбонаддува на современных автотракторных средствах. Турбонаддув позволяет значительно повысить выходную мощность и сократить выбросы токсичных газов. Вместе с тем, использование турбонаддува несет в себе увеличение удельных нагрузок и температурных параметров. Обоснована необходимость контроля технического состояния турбокомпрессоров. Основой контроля является функция минимума датчиков для возможности всестороннего охвата всех элементов турбокомпрессора. Разрядность электронного блока управления должна подбираться с учетом возможности непрерывного или периодического опроса датчиков. При этом количество информации, измеряемое датчиками, должно стремиться к возможному максимуму. Контроль технического состояния элементов турбокомпрессора позволяет осуществлять управление всеми системами двигателя. В качестве основного эффекта выступает увеличение надежности турбокомпрессора и двигателя в целом.

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 SHGTSL.

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. Гриценко, А. В. Исследования выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин, А. Ю. Бурцев // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 1(37). – С. 52-55.

11. 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.

12. Parameters of internal combustion engine efficiency while introducing additives in the oil / A. Gritsenko, E. Zadorozhnaya, V. Shepelev, I. Gimaltdinov // Tribology in Industry. – 2019. – Vol. 41, No. 4. – P. 592-603. – DOI 10.24874/ti.2019.41.04.11. – EDN VBRZHC.

13. Бурцев, А. Ю. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов / А. Ю. Бурцев, А. М. Плаксин, А. В. Гриценко // АПК России. – 2015. – Т. 72, № 1. – С. 23-25. – EDN TTUAVF.

14. Плаксин, А. М. Система смазки турбокомпрессора с электронным управлением / А. М. Плаксин, А. Ю. Бурцев, А. В. Гриценко // АПК России. – 2015. – Т. 73. – С. 90-98. – EDN SKCKED.

15. Производственный потенциал сельского хозяйства: этапы развития, состояние, проблемы модернизации / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, М. В.

Запевалов, Н. В. Костюченков. – Челябинск: ЮУрГАУ, 2018. – 292 с. – ISBN 978-5-88156-798-9. – EDN XWKBRJ.

16. 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.

17. 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.

18. Куков, С. С. Диагностирование коренных подшипников кривошипно-шатунного механизма по параметрам давления в центральной масляной магистрали / С. С. Куков, А. В. Гриценко // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 3(30). – С. 143-147.

19. Куков, С. С. Диагностирование коренных подшипников коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания / С. С. Куков, А. В. Гриценко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 3. – С. 27-28.

20. Куков, С. С. Диагностирование системы смазки двигателя внутреннего сгорания / С. С. Куков, А. В. Гриценко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 1. – С. 33-34.

21. Бурцев, А. Ю. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов / А. Ю. Бурцев, А. М. Плаксин, А. В. Гриценко // Достижения науки - агропромышленному производству: МАТЕРИАЛЫ LIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ; Челябинск, 29–31 января 2015 года / Под редакцией П.Г. Свечникова. Том II. – Челябинск: ЧГАА, 2015. – С. 27-33. – EDN TVGLST.

22. Gritsenko, A. V. Development of Measures to Prevent Surging Turbochargers of Cars / A. V. Gritsenko, V. D. Shepelev, A. V. Samartseva // Proceedings of the 4th International conference on industrial engineering ICIE 2018: Lecture notes in mechanical engineering, Москва, 15–18 мая 2018 года. – Москва: Springer International Publishing, 2019. – P. 861-871. – DOI 10.1007/978-3-319-95630-5_90. – EDN YTKKVV.

23. Гриценко, А. В. Контроль расхода масла современных турбокомпрессоров автомобиля КАМАЗ / А. В. Гриценко, А. Ю. Бурцев, И. Х. Гималтдинов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 137-144. – EDN CTLG0B.

24. Гриценко, А. В. Диагностирование подшипников кривошипно-шатунного механизма по параметрам давления в центральной масляной магистрали / А. В. Гриценко, С. С. Куков // Достижения науки - агропромышленному производству: Материалы XLVIII Международной научно-технической конференции, Челябинск, 29–31 января 2009 года. Том 2. – Челябинск: ЧГАУ, 2009. – С. 9-15.

25. Способ и стенд для диагностирования турбокомпрессора ТКР-11 / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин, И. Ганиев [и др.] // Вестник Таджикского технического университета. – 2014. – № 4(28). – С. 92-97. – EDN TYWIAL.