

УДК 621.432

РАЗРАБОТКА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СТЕНДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ

Сажаев О.Г.¹, Бурцев А.Ю.², Патов А.Г.³, Шайкемелов А.А.⁴

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

²к.т.н., доцент кафедры «Горного дела и техносферной безопасности» филиала Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово.

³аспирант кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

⁴аспирант кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (ЮУрГУ НИУ), г. Челябинск.

Аннотация. В данной статье представлена конструкция экспериментального стенда для проведения многофакторного эксперимента. В систему выпуска был установлен турбокомпрессор марки Strakonice модели 145-01, устанавливаемый на двигатели автомобилей КамАЗ – 740. Разработана экспериментальная версия автономной смазочной станции, управляемая при помощи частотного преобразователя БПТД 302-А4. Выбраны контрольные датчики и исполнительные механизмы.

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

Актуальность исследования. Современная автотракторная техника развивается в направлении увеличения единичной мощности [1, 2, 3]. Параллельным вопросом прорабатывается возможность активного уменьшения удельного расхода топлива, менее 200 г/кВт·ч [4, 5, 6]. Для этой цели применяются разнообразные методы и средства [7, 8, 9]. Наиболее эффективным методом увеличения мощности при снижении удельных показателей расхода топлива является оснащение автотракторного средства газотурбинным наддувом [10, 11, 12]. Однако, наряду с положительными результатами, наблюдается ряд отрицательных последствий от установки турбонаддува [13, 14, 15]. Среди них можно выделить существенный прирост удельных нагрузок на детали и механизмы двигателя [16, 17, 18]. Как следствие, интенсивнее изнашиваются узлы трения, быстрее вырабатывается масло, требуется более качественное управление процессами обслуживания и ремонта двигателя [19, 20, 21]. В этой связи, требуется разработка систем, существенно снижающих вредное воздействие от повышенной динамики турбонаддува [22, 23]. В нашей работе предлагается использование автономной системы смазки с возможностью изменения рабочих режимов процесса смазки подшипников ТКР [24, 25]. С учетом сказанного, **целью исследования** является проектирование и разработка экспериментального

стенда для исследования параметров автономной системы смазки турбокомпрессора марки Strakonice модели 145-01.

Материалы и методы. Для осуществления экспериментальных исследований были проведены подготовительные работы, заключающиеся в проектировании, изготовлении и разработке: экспериментального стенда, автономной маслостанции. На втором этапе были выбраны приборные средства контроля (осциллографическое многоканальное устройство), датчики и исполнительные механизмы. Экспериментальный стенд с системой газотурбинного наддува представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Экспериментальный стенд на базе ДВС ЗМЗ-4062 с системой газотурбинного наддува

Экспериментальный стенд, представленный на рисунке 1, был изготовлен на базе двигателя ЗМЗ-4062. Данный двигатель представляет собой 4-х цилиндровый, общим объемом 2260 см³, 16-ти клапанный с гидротолкателями. В систему выпуска ЗМЗ-4062 встроен соединительный патрубок с турбокомпрессором марки Strakonice модели 145-01. Турбокомпрессор модели 145-01 марки Strakonice устанавливается на двигатели автомобилей КамАЗ – 740. Для возможности контроля независимой подачи масла к подшипнику ТКР была спроектирована и разработана экспериментальная версия автономной смазочной станции (рисунок 2 а)).



Рисунок 2 – Контроль параметров маслостанции: а) внешний вид выносной автономной смазочной станции; б) тепловизионный контроль температурных параметров масла

Для контроля температурных параметров масла использовался тепловизор (рисунок 2 б)). Маслостанция управлялась при помощи частотного преобразователя БПТД 302-А4, рассчитанного на электродвигатель мощностью до 3 кВт (рисунок 3 а)).



Рисунок 3 – Элементы управления автономной системой смазки: а) частотный преобразователь БПТД 302-А4; б) терморегулятор ТР-12 для ограничения температуры подаваемого масла к подшипнику ТКР

Для управления режимами смазки применялся терморегулятор ТР-12, представленный на рисунке 3 б). В начальной версии представленной конструкции маслостанции, процесс управления обеспечивался в ручном режиме кнопками управления (рисунок 4).



Рисунок 4 – Маслостанция, установленная под экспериментальным стендом

Как видно из рисунка 4, маслостанция размещена под экспериментальным стендом для минимизации длины масляных магистралей. В случае с нагревом масла встроенным ТЭНами, для обеспечения быстрого нагрева необходимо минимизировать длину всех соединительных магистралей. С этим учетом и спроектирована маслостанция.

В перспективе процесс управления маслостанции будет прописан в виде автоматизированного алгоритма и реализован программно через функции

электронного блока управления. Как видно из рисунка 4, компонентный состав автономной смазочной станции включает в себя ряд связанных элементов: электродвигатель, гидроклапана управления, масляный бак, нагревательные ТЭНЫ, масляный насос, фильтроэлемент, соединительные масляные магистрали, ограничительный (редукционный) клапан, измерительные манометры. Кроме того, в масляные магистрали встроены датчики: цифровой датчик измерения мгновенного давления APZ 3020; два цифровых расходомера масла US211M Lite с датчиками контроля расхода масла USN-HS06PA; 3 цифровых К-термометра TM902C с термопарами до 1300 °C.

В качестве регистрирующего приборного средства выбрано осциллографическое многоканальное устройство - USB Autoscope III (осциллограф Постоловского). Цифровой осциллограф может одновременно фиксировать до восьми сигналов при неограниченном времени записи осцилограмм. При обработке сигналов, развертки осцилограмм могут корректироваться с учетом необходимых требований под точечную фиксацию единичных данных.

При проведении экспериментов маслостанция подсоединяется к магистрали питания ТКР. В следующих работах будет разработана матрица эксперимента и реализован многофакторный эксперимент.

Выводы. Анализ тенденций машиностроительной отрасли показал на активное использование турбонаддува в современных автотракторных средствах. Однако, при установке турбокомпрессора резко возрастают нагрузки на отдельные узлы и системы двигателя. Для снижения степени влияния повышенных нагрузок предлагается использование автономного смазочного устройства. Его применение позволит исключить критические режимы трения и условия перегрева. Кроме того, автономная система смазки компенсирует все возможные колебания нестационарных режимов и позволит исключить влияние стохастичности нагрузок. Автономная система смазки позволит обеспечить: предпусковую подготовку процесса смазки и режим жидкостной смазки при выбеге вала ротора турбокомпрессора. Для возможности экспериментальной проверки выдвинутых предположений был разработан и изготовлен экспериментальный стенд. Выбраны необходимые средства измерения, контрольные датчики и исполнительные устройства. В последующих работах предполагается проведение экспериментальных исследований по изучению режимов работы автономного смазочного устройства и его согласованию с процессами стохастичности, и нелинейности.

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 F02M 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 агротехнический 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 SGUWJ.

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 SGUWJ.

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. – Р. 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 CTLGOB.

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.