

УДК 621.43.001.42

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТУРБОКОМПРЕССОРА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРНЫХ И РАСХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Патов А. Г.¹, Сажаев О. Г.¹, Бурцев А. Ю.²

¹аспирант, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

¹аспирант, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

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

Аннотация: В статье рассматривается модель турбокомпрессора в программной среде SOLIDWORKS. Смоделированы все исходные размеры турбокомпрессора автомобиля КамАЗ, включая мелкую подробную проработку всех элементов. Представленные разработки могут служить основой для моделирования подобных задач при расчете процессов современных турбокомпрессоров.

Ключевые слова: система турбонаддува, турбокомпрессор, моделирование, температура, расход масла, контроль.

Abstract: The article considers a turbocharger model in the SOLIDWORKS software environment. All initial dimensions of the KAMAZ turbocharger are modeled, including fine detailed elaboration of all elements. The presented developments can serve as a basis for modeling similar problems when calculating the processes of modern turbochargers.

Keywords: turbocharging system, turbocharger, modeling, temperature, oil consumption, control.

Актуальность вопроса. В настоящее время серьезный акцент делается на разработку надежных узлов и систем автотракторной техники [1, 2]. Однако, первичным важным аспектом является предварительное моделирование и решение задач надежности расчетными методами [3, 4]. Для целей моделирования используются многочисленные прикладные программы [5, 6]. Из них особое место занимает SOLIDWORKS [7, 8, 9]. В SOLIDWORKS можно моделировать многочисленные процессы в ДВС [10, 11]. Так, например, серьезное внимание уделяется самим сложным системам и узлам, в частности – турбокомпрессорам [12, 13, 14]. Элементы турбокомпрессора испытывают предельные нагрузки по температуре [15, 16]. Кроме того, высокие удельные нагрузки на отдельные детали приводят к преждевременным отказам [17, 18]. В этой связи, важно предварительно просчитать температурные и расходные процессы масла [19, 20]. Важно учесть реальные режимы работы турбокомпрессора [21, 22]. Кроме того, необходимо рассмотреть условия стохастичности и перегрузок [23, 24]. Нелинейные процессы значительно сказываются на свободном выбеге ротора турбокомпрессора, его разгоне [25]. С учетом сказанного, целью

исследования является моделирование температурных и расходных характеристик в системе смазки турбокомпрессора.

Материалы и методы. Для моделирования был выбран типовой турбокомпрессор ТКР-7С-6М автомобиля КамАЗ 740.602 / 740.662 / 740.632. Частота вращения вала ротора ТКР составляет – 80...130 тыс. мин⁻¹. Температура газов на турбинном колесе не должна превышать 750 °С. Габаритные размеры были полностью перенесены на трехмерный чертеж ТКР-7С-6М (рисунок 1).

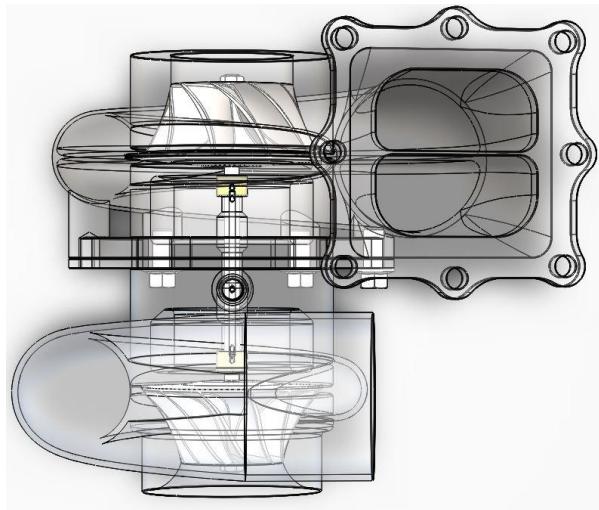


Рисунок 1 – Трехмерный чертеж ТКР-7С-6М с подробной прорисовкой его размеров

Как видно из рисунка 1, чертеж представляет собой подробную проработку всех элементов турбокомпрессора. Все винтовые поверхности и сложная геометрическая форма перенесены на 3-Д чертеж.

Кроме того, для моделирования внутренних смазочных процессов предусмотрены все каналы для доставки масла к подшипникам турбокомпрессора (рисунок 2).

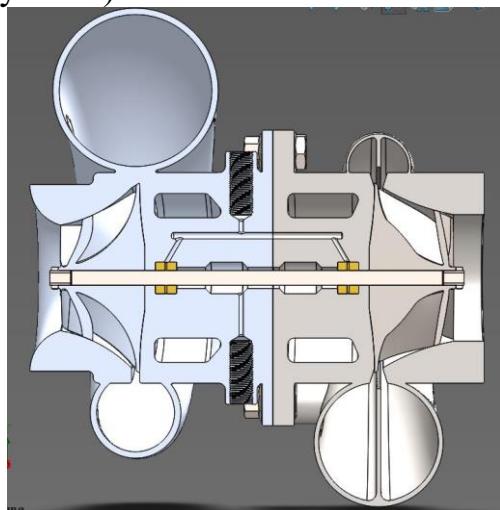


Рисунок 2 – Боковой разрез турбокомпрессора

Как видно из рисунка 2, желтым цветом показаны два подшипника со стороны компрессора (левый) и турбины (правый). Сверху турбокомпрессора подходит вертикальный канал, по которому масло поступает и распределяется в боковые каналы. После чего поток масла делится на два и в равной степени поступает к двум подшипникам. Пройдя через пазы подшипников, масло стекает в горизонтальные отводные каналы, посредством которых оно следует к вертикальному сливному каналу. После чего масло сливаются в картер ДВС.

После всех выполненных чертежей, приступают к заданию расчетных условий и значений конкретных показателей. Так на рисунке 3 представлен боковой вид рассчитываемого турбокомпрессора с выносками с указанием значений входных и выходных параметров.

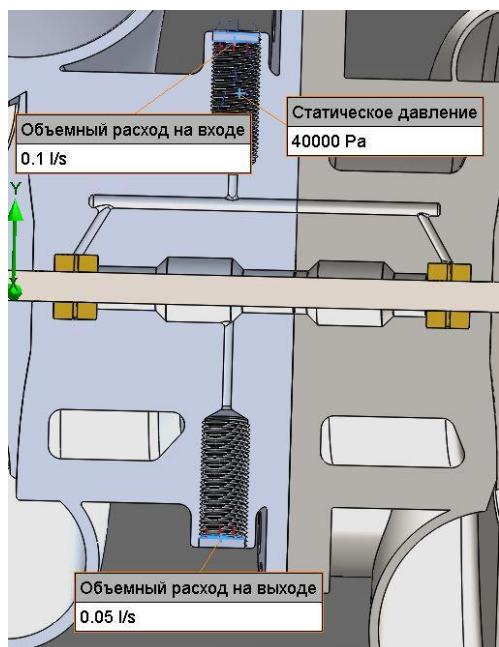


Рисунок 3 – Боковой вид рассчитываемого турбокомпрессора с выносками с указанием значений входных и выходных параметров

Как видно из рисунка 3 на входе в турбокомпрессор заданы значения объемного расхода масла и давления масла. Их значения, соответственно, составляют: 0,1 л/с и 40000 Па. Можно задать любые из возможных входных параметров (в пределах действующих величин параметров). На выходе виден параметр объемного расхода – 0,05 л/с. С учетом ограниченного зазорами объема, масло при высоком сопротивлении просачивается через рабочие зоны и уходит на слив в картер ДВС. Описанные в статье условия выступали входными условиями для последующих расчетов. Материалы расчетов и распределения расходных характеристик и температур представлены в последующих материалах этого сборника конференции.

Выводы: Таким образом, проведены подготовительные проектные мероприятия по разработке 3-Д модели турбокомпрессора ТКР-7С-6М автомобиля КамАЗ 740.602/740.662/740.632. Заданы необходимые граничные

условия. Представленные результаты могут быть использованы проектными и расчетными организациями для моделирования первичных рабочих режимов современных турбокомпрессоров.

Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Совершенствование технологии и средств выполнения зерноуборочных процессов в сельском хозяйстве / С. Д. Шепелев, А. М. Плаксин, А. В. Гриценко [и др.]; ЮУрГАУ, Институт агронженерии. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2018. – 256 с. – ISBN 978-5-88156-809-2. – EDN YNNUZF.
5. Взаимосвязь показателей, определяющих уровень технико-технологической оснащенности процессов в растениеводстве / А. М. Плаксин, И. Ганиев, А. В. Гриценко, К. В. Глемба // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 12(99). – С. 194-199. – EDN THAMWJ.
6. 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.
7. Патент № 2474805 C1 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. – EDN XNXMZX.
8. 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.
9. 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.
10. Бурцев, А. Ю. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов / А. Ю. Бурцев, А. М. Плаксин, А. В. Гри-

ценко // 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.

11. 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.

12. 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: Казанский ГАУ, 2021. – С. 137-144. – EDN CTLGOB.

13. 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: Казанский ГАУ, 2022. – С. 285-291. – EDN BRNVAB.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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. – EDN TNZBZL.

-
20. Гриценко, А. В. Метод диагностирования газораспределительного механизма по параметрам расхода воздуха и фаз газораспределения ДВС / А. В. Гриценко // Вестник Челябинской государственной агронженерной академии. – 2012. – Т. 62. – С. 32-34. – EDN PETYUH.
 21. Повышение надежности турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, А. Ю. Бурцев [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 8(95). – С. 176-180. – EDN SNFCPB.
 22. Гриценко, А. В. Концепция развития методов и средств диагностирования автомобилей / А. В. Гриценко // Достижения науки - агропромышленному производству: ЛII Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 24–26 января 2013 года. Том 3. – Челябинск: ЧГАА, 2013. – С. 42-49. – EDN UGUHIX.
 23. Гриценко, А. В. Контроль выбега ротора современных турбокомпрессоров автомобиля КАМАЗ / А. В. Гриценко, А. Ю. Бурцев, И. Х. Гималдинов // 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: Казанский ГАУ, 2021. – С. 128-136. – EDN KGQMKK.
 24. The advancement of the methods of vibro-acoustic control of the ICE gas distribution mechanism / A. Gritsenko, V. Shepelev, E. Zadorozhnaya [et al.] // FME Transactions. – 2020. – Vol. 48, No. 1. – P. 127-136. – DOI 10.5937/fmet2001127G. – EDN IXHMGE.
 25. Повышение долговечности работы турбокомпрессора дизелей применением автономного смазочно-тормозного устройства / А. М. Плаксин, О. Н. Ларин, А. В. Гриценко [и др.] // Инновационный транспорт. – 2016. – № 1(19). – С. 53-57. – DOI 10.20291/2311-164X-2016-1-53-57. – EDN VSUPTB.