

УДК 621.43.001.42

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ

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 последовательность действий при подготовке тепловых расчетов в программе SOLIDWORKS. Приведенные в статье исследования могут быть полезны специалистам в области моделирования узлов и систем автотракторной техники.

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

Abstract: The article discusses the sequence of actions when preparing thermal calculations in the SOLIDWORKS program. The studies presented in the article can be useful to specialists in the field of modeling units and systems of automotive and tractor equipment.

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

Актуальность вопроса. Современное машиностроение сопровождается значительной первичной проработкой 3-D моделей перед выпуском новых систем и узлов автотракторных средств [1, 2]. Прорабатываются в мелочах все типы и виды систем, от механических, до электрических с высокой степенью автоматизации [3, 4]. Серьезный акцент на моделировании позволяет избежать значительных ошибок при последующей разработке реальных объектов [5, 6]. Для целей моделирования применяются многочисленные программы: Ansys, КОМПАС-3D, SOLIDWORKS, Patran, Nastran и др. [7, 8, 9]. Каждая из этих программ имеет многочисленные расчетные приложения, позволяющие с высокой точностью просчитывать многочисленные параметры [10, 11]. Например, при расчете турбокомпрессоров, имеется ряд сложных процессов: смазки, воздухоподачи, охлаждения и др. [12, 13, 14]. Каждый из этих процессов связан друг с другом. [15, 16]. Поэтому большинство исследований проводится при совместном учете комплекса процессов [17, 18]. В данных исследованиях использована программа SOLIDWORKS, интерфейс которой имеет наилучшую приспособленность к быстрому изучению и интуитивному освоению при моделировании сложных систем [19, 20]. Главным образом, исследованию подвергаются подшипники турбокомпрессора при их работе в сложных условиях изменяющихся нагрузок [21, 22]. Надо сказать, что температурные процессы турбокомпрессора напрямую связаны с

тепловыделением в зоне турбинного колеса [23, 24]. В зоне турбинного колеса температуры достигают значений до 750 °С. [25]. Важно провести все подготовительные этапы для расчетов. С учетом сказанного, целью исследования является моделирование температурных параметров системы смазки в программе SOLIDWORKS.

Материалы и методы. Для возможности моделирования температурных процессов была построена трехмерная модель турбокомпрессора автомобиля КамАЗ. Все внутренние каналы и полости имеют геометрические размеры согласно реальным техническим рекомендаций и условий на изготовление турбокомпрессора. Для возможности проведения расчетов необходимо выбрать заглушки и ограничить объем, в котором осуществляется движение масла. На рисунке 1 представлена верхняя заглушка в точке подвода масла к распределительному каналу турбокомпрессора.

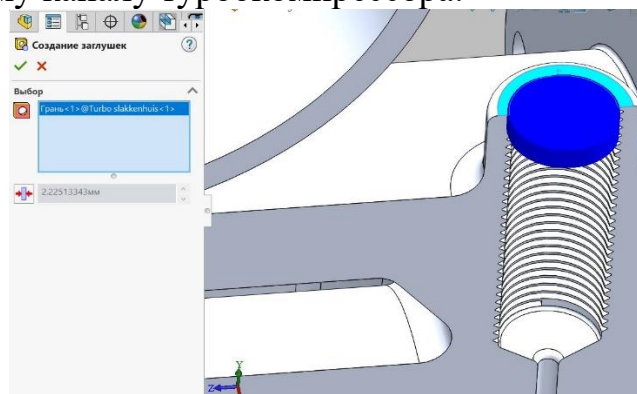


Рисунок 1 – Верхняя заглушка в точке подвода масла к распределительному каналу турбокомпрессора

Как видно из рисунка 1, заглушка ставится на максимально крайнюю точку входа масла. На плоскости заглушки в последующем будут заданы входные значения подачи и давления масла при заданной входной температуре масла.

На сливе турбокомпрессора в вертикальном канале, необходимо установить вторую заглушку, которая сделает систему замкнутой и готовой для тепловых расчетов (рисунок 2).

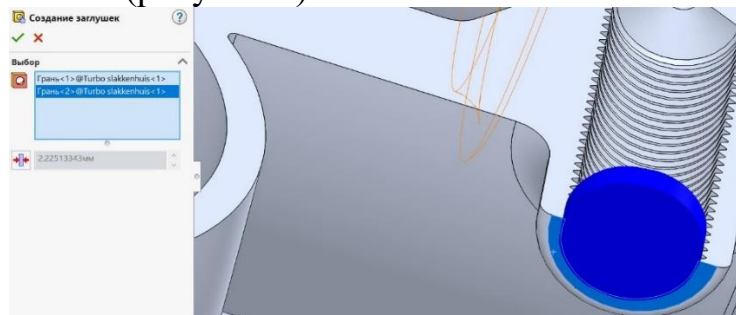


Рисунок 2 – Вторая заглушка, установленная на сливе турбокомпрессора в вертикальном канале

Как видно из рисунка 2, вторая заглушка устанавливается в крайней точке слива масла. К плоскости нижней заглушки прикладывается вектор

значения расхода масла, которое можно принять из предыдущих наших исследований [12, 23]. Причем значения расхода масла на сливе берутся с учетом входной и выходной температур масла. Данные условия позволяют распространить результаты экспериментов на расчетные модели.

После производится задание материала подшипников. В частности, показан подшипник со стороны турбинного колеса (рисунок 3).

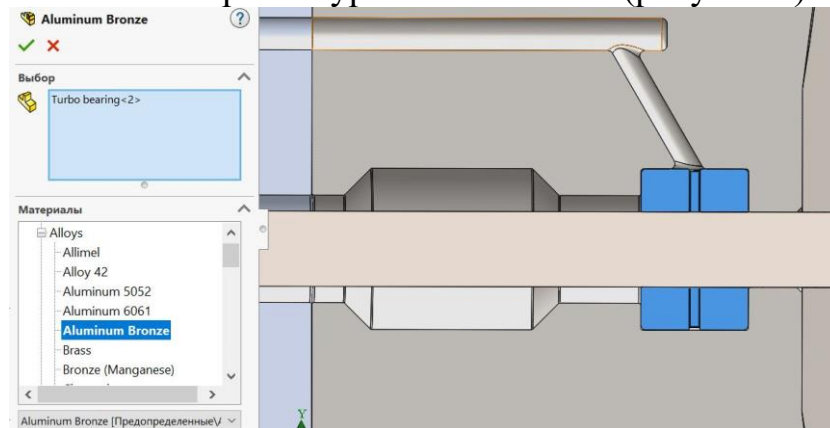


Рисунок 3 – Подшипник со стороны турбинного колеса

Как видно из рисунка 3, выбран графический объект – подшипник со стороны турбинного колеса и ему присвоен материал – алюминиевая бронза. Таким образом, учитываются материалы всех составляющих турбокомпрессора с учетом их назначения и условий работы. Помимо этого задается шероховатость поверхностей сопряжений.

На следующем подготовительном этапе расчета задается температура подводимая к отдельным элементам. Например, чтобы повысить скорость расчетов, можно точно подвести к подшипнику любую температуру (рисунок 4).

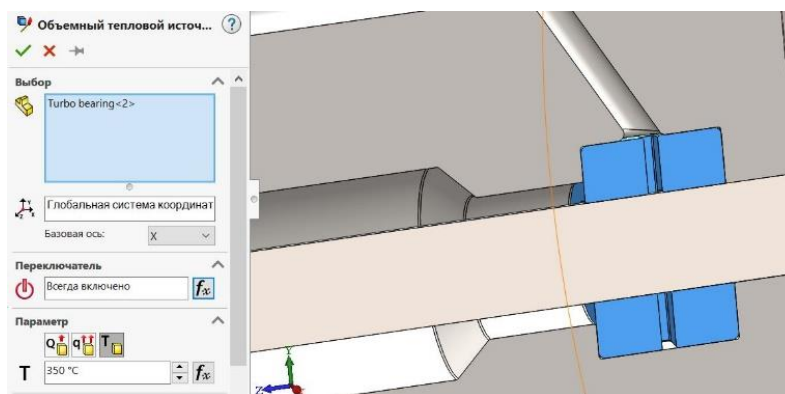


Рисунок 4 – Точечное подведение температуры к подшипнику со стороны турбинного колеса турбокомпрессора

На рисунке 4 можно видеть постоянно заданное значение температуры – 350 °С. Конечно, это значение температуры значительно превышает лимит допустимого уровня. Проходящее через подшипник внутри масло будет подвергаться перегреву. Для большинства турбинных современных масел, температура вспышки составляет 250 °С. Соответственно, при таких уровнях

температур, быстрыми темпами осуществляется закоксовка масла внутри каналов и полостей. Что в итоге ограничивает прохождение масла и приводит к еще большим температурным нагрузкам. Итогом является аварийный износ вала и подшипников турбокомпрессора.

Выводы: Таким образом, представлено исследование, направленное на подготовку необходимых данных для последующих расчетов. Заданы граничные условия в виде заглушек и прикладываемых к ним входных и выходных величин параметров. Выбраны особые условия расчетов. Приложены рабочие температуры к узлам турбокомпрессора – например 350 °С к подшипнику со стороны турбинного колеса.

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 агроинженерии. – 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 С1 Российская Федерация, МПК G01М 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 XNXMZХ.

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. 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.
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. – P. 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 агроинженерной 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: ЛП 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. 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. 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 IXHMGGE.

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.