

УДК 621.43.001.42

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММ SOLIDWORKS И MATLAB SIMULINK ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ

Патов А. Г.¹, Гриценко А. В.¹, Бурцев А. Ю.²

¹аспирант, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

¹д.т.н., профессор, ЮУрГАУ, г. Челябинск;

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

Аннотация: В рассматриваемых материалах приводится сравнительный анализ современных программ SOLIDWORKS и MATLAB Simulink. Приведенная информация может быть полезна аспирантам, магистрантам и конструкторам при моделировании новых систем автотракторных средств.

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

Abstract: The materials under consideration provide a comparative analysis of modern SOLIDWORKS and MATLAB Simulink programs. The information provided may be useful for postgraduate students, master's students and designers when modeling new automotive and tractor systems.

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

Актуальность вопроса. Современное машиностроение стремится к существенной многоуровневой проработке на всех этапах разработки, сборки и использования [1, 2]. Простые чертежи заменены трехмерной проработкой 3-D моделей и цифровыми приложениями для расчетов [3, 4]. Создаются многочисленные цифровые двойники автотракторных систем [5, 6]. Обилие методов и средств моделирования позволяет производить одновременную проработку систем в нескольких приложениях для последующей верификации полученных данных [7, 8, 9]. Многочисленные приложения позволяют построить множественные объемные графики, картограммы, алгоритмы [10, 11]. Особенно ценными являются объемные трехмерные карты, построенные с учетом множества входных параметров и их величин [12, 13, 14]. Эта картография может быть использована в реальных электронных блоках для управления работой многочисленных систем автотракторных средств. Помимо прочего, важно при моделировании определить точечные связи в узконаправленных процессах [15, 16]. Так, например, просчитать изменение температуры масла по каналам корпуса турбины и подшипников [17, 18]. Вместе с температурными процессами важно учесть изменение перепадов давления, расхода масла [19, 20]. Также на процессы протекающие в турбокомпрессоре оказывают влияние силы трения в подшипниковых узлах, шероховатости отдельных элементов турбокомпрессора [21, 22]. Многозадачность решаемых вопросов требует

существенных ресурсов [23, 24]. Объемы данных программ непрерывно увеличиваются. Количество встраиваемых модулей для расчета также неуклонно возрастает. Качество расчетов, их достоверность и точность неуклонно растут. На наш взгляд в приложениях SOLIDWORKS и MATLAB Simulink можно найти существенные преимущества для системного моделирования объектов турбокомпрессора [25]. Однако, для их отдельного и совместного использования необходимо знать множество особенностей их интерфейса, отдельных модулей и частных приложений. С учетом сказанного, целью исследования является проведение анализа преимуществ и недостатков программ SOLIDWORKS и MATLAB Simulink при моделировании процессов турбокомпрессоров.

Материалы и методы. Современные прикладные пакеты программ имеют громадные библиотеки разработанных элементов, деталей, узлов и систем. Такие программы как Ansys, SOLIDWORKS, MATLAB Simulink и др. при установке изначально требуют до 30 Гб памяти. Помимо ресурсов памяти для высокого разрешения полученных графических данных требуются продвинутые видеокарты. При функционировании расчетных приложений программ требуются огромные ресурсы оперативной памяти и многопроцессорные компьютерные устройства. Поэтому для адекватного получения многочисленных данных требуется дорогостоящее компьютерное устройство, либо ресурсы суперкомпьютеров для оперативности решения многомерных задач. Для базовых вариантов применения Ansys, SOLIDWORKS, MATLAB Simulink требуются: 64-разрядная операционная система; оперативная память размером от 8,00 ГБ, среда не ниже Windows 10, использование от 4 процессоров и выше. В этом случае можно на некотором минимальном уровне использовать данные программные продукты.

Разберем тезисно преимущества программы SOLIDWORKS:

1. Точечная проработка объектов моделирования;
2. Объемная проработка объектов моделирования;
3. Выбор и уточнение граничных условий расчетов путем задания объемного поля моделирования;
4. Использование широкого набора разнообразных параметров расчета: механических, гидравлических, электрических, температурных, инерционных и т.д.
5. Совместное и взаимосвязанное решение задач моделирования;
6. Точечная визуализация полученных данных, графиков, эпюр, в том числе объемных 3-D картин;
7. Возможность применения для всех без исключения узлов, деталей и механизмов автотракторных средств;
8. Интуитивный интерфейс и легкость изучения;
9. Значительная совместимость с другими программами;
10. Высокая точность моделей и их наглядность.

Недостатками программы SOLIDWORKS выступают:

1. Наличие больших расчетных мощностей для применения;

2. Зависимость качества отображения от ресурсных мощностей;
3. Отсутствие встроенных модулей для решения сложных задач смазки подшипников, процесса сгорания и др.

Представим преимущества программы MATLAB Simulink:

1. Возможность обобщения многочисленных частных моделей, уравнений, таблиц данных;
2. Возможность применения для систем и отдельных узлов автотракторных средств;
3. Комплексное решение задач моделирования с возможностью анализа большого числа параметров;
4. Плоская и объемная визуализация полученных данных, применение встроенных средств отображения осциллографических сигналов, точечных, быстропеременных сигналов;
5. Возможность распространения методик моделирования на все без исключения автотракторные средства;
6. Возможность сравнения полученных данных с аналогичными данными для других объектов моделирования;
7. Создание реальных Мар-карт данных, объемных взаимосвязей, таблиц и матриц данных, применимых в программируемых устройствах автотракторных средств;
8. Моделирование разнообразных процессов при их взаимосвязи и взаимовлиянии друг на друга;
9. Возможность самообучения и подстройки под изменяющиеся параметры новых элементов и подсистем автотракторных средств;
10. Создание цифровых двойников с инициализацией реальных процессов в узлах и системах автотракторных средств;
11. Относительная простота при использовании созданных моделей.

Укажем недостатки при использовании программы MATLAB Simulink:

1. Оторванность от физических процессов;
2. Сложность при создании новых моделей;
3. Сложность интерфейса, высокий входной порог освоения программы.

Как видно из тезисного сравнения двух программ, они заметно на качественном и количественном уровне отличаются друг от друга. Однако, при совместном использовании могут существенно дополнять друг друга. Так сложность процессов рассчитываемых MATLAB Simulink может дополнить недостаточные расчеты в программе SOLIDWORKS. В свою очередь, расчеты в SOLIDWORKS позволяют конкретизировать проработку отдельных систем, смоделированных в программе MATLAB Simulink. Их совместная работа, как частного с общим, позволяет повысить охват моделируемых объектов. Широкое применение средств моделирования (особенно в программе MATLAB Simulink) позволяет создавать действующие матрицы для работы реальных систем автотракторных средств. Для их совместного, широкого использования требуется наработка баз данных, классических и специальных задач, больших архивов и примеров решения подобных. Так как, программы

иностранные, то возникают сложности с их лицензированием, нахождением библиотек и пособий по работе. В перспективе создание глобальных баз проектов и моделей для всеобщего использования с целью быстрой разработки новых объектов автотракторных средств.

Выводы: Таким образом, проведен анализ используемых для моделирования программ SOLIDWORKS и MATLAB Simulink. Основным преимуществом программы SOLIDWORKS выступает мельчайшая проработка всех единичных элементов 3-D чертежей. Применение программы MATLAB Simulink не требует существенных ресурсов. Основным ее преимуществом выступает системность решения взаимосвязанных задач на обобщенном уровне.

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.]; Южно-Уральский государственный аграрный университет, 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 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 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.