

УДК 531

В.В. Зыков, О.Ю. Сметанников

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

ПРОВЕДЕНИЕ ПРОЧНОСТНОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИЗДЕЛИЙ НА БАЗЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ РАСЧЕТНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Проведен сравнительный анализ подходов, моделей и инструментов, предназначенных для моделирования деформируемых (гибких) тел в пакетах MSC.Patran (MSC.Nastran), ANSYS совместно с программой динамического моделирования многотельных конструкций MSC.ADAMS. По полученным в ходе динамического расчета нагрузкам проведен прочностной анализ конечно-элементных моделей, входящих в сборку.

Ключевые слова: динамика, многомассовая система, станина, прочность, ADAMS, ANSYS, MSC.Nastran, MSC.Patran.

V.V. Zykov, O.Iu. Smetannikov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

CONDUCTING STRENGTH AND DYNAMIC ANALYSIS OF PRODUCTS BASED ON SPECIAL ACCOUNTING AUTOMATED SYSTEMS

In this study, a comparative analysis of approaches, models and tools for simulation of deformable (flexible) bodies is performed by MSC.Patran (MSC.Nastran), ANSYS in conjunction with a program of dynamic simulation of multibody designs MSC.ADAMS. Strength analysis of finite element models included in the assembly is performed using the obtained during dynamic load analysis loads.

Keywords: dynamics, multibody system, frame, strength, ADAMS, ANSYS, MSC.Nastran, MSC.Patran.

Введение

Составляющей частью технологий проектирования и управления инженерными данными предприятия с распределенным доступом являются программные продукты, предназначенные для моделирования динамического поведения многодетальных конструкций. Цель использования такого рода пакетов – прогнозирование кинематических, ди-

намических и прочностных характеристик проектируемого изделия, оптимизация отдельных узлов и агрегатов.

Одним из пакетов динамического моделирования сложных машин и механизмов является MSC.ADAMS. С помощью ADAMS можно создать полностью параметризованную модель изделия, построив ее непосредственно в препроцессоре или импортировав из наиболее распространенных CAD-систем. В частности, в статье [1] создана трехмерная модель двигателя внутреннего сгорания и проведен кинематико-динамический анализ его работы.

Важная особенность ADAMS заключается в возможности включения в модель, состоящую из абсолютно жестких массивных элементов, деталей, в которых помимо инерционных характеристик учитываются их упругие свойства (технология Flexible Bodies – гибкие или деформируемые тела). Включение Flexible Bodies в сборку возможно благодаря импорту конечно-элементной модели деформируемого тела из специализированных CAE-пакетов (MSC.Nastran [2], MSC.Patran, ANSYS [3], и др.). Например, технология расчета в ADAMS с использованием ANSYS применена в статье [4] для динамического расчета multifunctional офисного кресла. А в статье [5] интерфейс ADAMS-ANSYS используется для моделирования работы параллельного дельта-робота. По окончании расчета вычисленные нагрузки и силы инерции, действующие на упругое тело, экспортируются обратно в CAE-среду для точной оценки прочности. Целью данного исследования является расчет прочности для последующей оптимизации элементов подвески на базе анализа динамического поведения платформы в процессе выстрела.

1. Общее описание виртуального прототипа самоходного артиллерийского орудия (CAO)

Виртуальный прототип представляет собой механическую систему, состоящую из абсолютно твердых тел, соединенных между собой шарнирами и безынерционными упругими элементами. Виртуальный прототип позволяет получить все кинематические и силовые параметры в узлах и агрегатах модели. Все связи в системе считаются голономными и склерономными. Динамическая модель состоит из следующих компонентов: дорога, шасси, артиллерийская установка. Дорога является стандартным компонентом ADAMS. Шасси состоит из следующих компонентов: подрессоренная часть, рессоры, амортизаторы.

ры, реактивные тяги балансирной тележки, мосты, передние ступицы, рулевые тяги, колеса. Импульсная установка состоит из следующих компонентов: качающаяся часть, вращающаяся часть, платформа, гидроцилиндры, станины, ухо поворотное. Наведение орудия при выстреле осуществляется заданием двух параметров – угла подъема качающейся части относительно вращающейся части и угла поворота башни относительно платформы при выстреле.

Виртуальный прототип, выполненный в пакете ADAMS, со встроенными уругими компонентами – станинами – представлен на рис. 1.

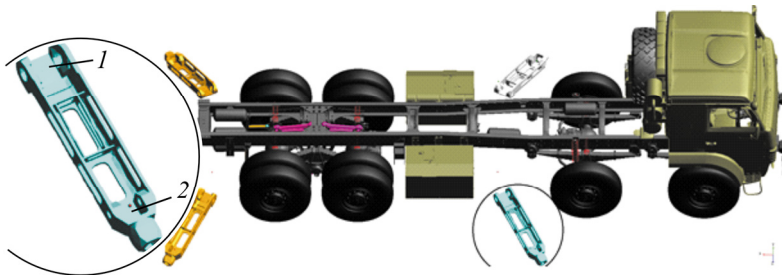


Рис. 1. Модель ходовой части САО. Нумерация шарниров в станине

Математическая постановка для динамической модели твердотельной многомассовой системы в ADAMS, а также модель деформируемых тел в MSC.Nastran и ANSYS описана в [6].

2. Результаты расчета модели в MSC.ADAMS

Исследуется динамическое поведение САО и проводится сравнительный анализ трех разных случаев: с абсолютно жесткими компонентами модели – станинами, с заменой станин деформируемыми аналогами, импортированными из ANSYS, а также из MSC.Nastran (Patran).

Моделирование выполнено с горизонтальным углом наведения, равным 90° (угол поворота башни относительно платформы), вертикальным – 45° (угол подъема качающейся части относительно вращающейся части). Характерные времена: 0–5 с – становление в положение равновесия, опускание (выдвижение) станин, 8 с – выстрел, 8–12 с колебания после выстрела. На рис. 2, 3 представлено сравнение результатов расчета модели в ADAMS с использованием деформируемых станин, импортированных из Ansys (черный цвет графика), Nastran (Patran) (синий цвет графика), и абсолютно жестких (Rigid) станин (красный цвет графика). Максимальная амплитуда усилий возникает во

втором шарнире в передней правой станине за счет отдачи от выстрела. При использовании в конструкции абсолютно жестких станин амплитуда усилий возрастает на 16 % в сравнении с использованием деформируемых станин (см. рис. 2). На рис. 3 представлена сумма амплитуды сил, возникающих в первом шарнире передней правой станины в момент выдвижения станин и касания платформы. Амплитуда колебаний усилий в сборке с жесткими компонентами также значительно больше, чем в модели, включающей упругие компоненты. Номера шарниров указаны на рис. 1.

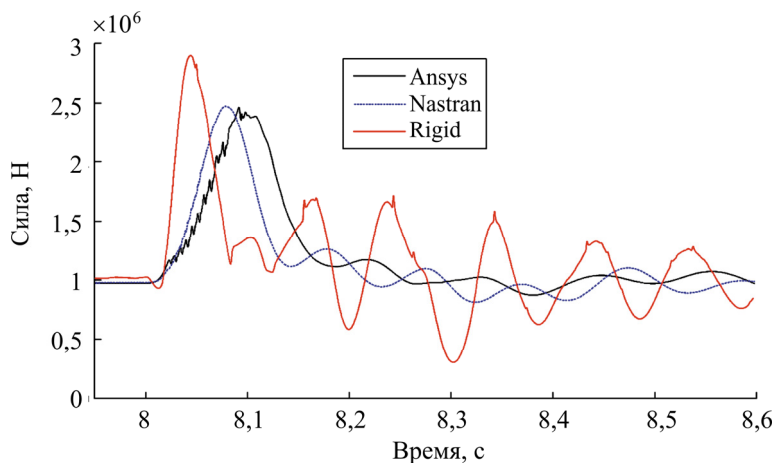


Рис. 2. Сумма амплитуды сил во 2-м шарнире в передней правой станине в промежуток времени, соответствующий выстрелу

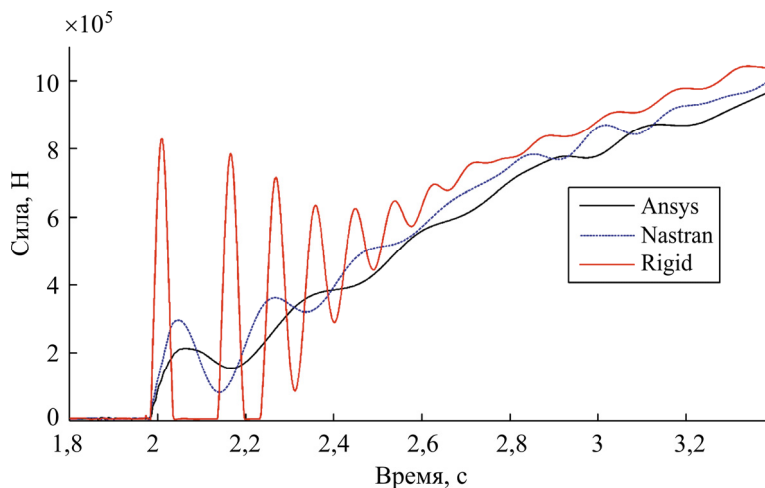


Рис. 3. Амплитуды силы в 1-м шарнире в передней правой станине в промежуток времени, соответствующий подъему

3. Результаты расчета НДС

С помощью плагина Adams/Durability можно получить предварительную картину напряженно-деформированного состояния в постпроцессоре ADAMS. Также с помощью плагина Adams/Durability можно узнать наиболее напряженные точки тела вместе с временами их достижения.

На рис. 4 представлены поля напряжений по Мизесу в момент времени достижения максимальных напряжений, полученные с помощью плагина Adams/Durability (а) и вычисленные в MSC.Nastran (б). Расчет НДС в ANSYS показал аналогичную MSC.Nastran картину напряженного состояния.

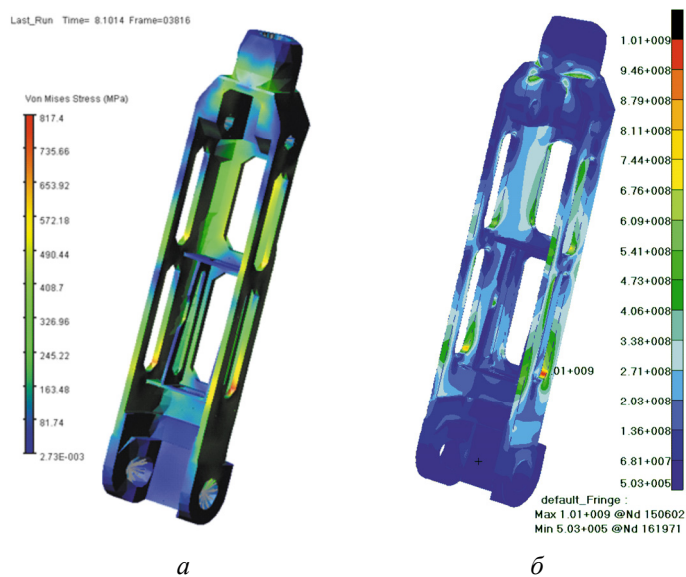


Рис. 4. Напряжения по Мизесу: а – Adams/Durability; б – MSC.Nastran

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что соответствующие поля напряжений по Мизесу в Adams/Durability и в САЕ-пакете качественно совпадают, но количественно имеют различия. При расчете НДС в САЕ-пакетах конечно-элементная сетка была улучшена для более точного определения напряженного состояния.

Заключение

Проведен динамический расчет модели CAO и сравнение трех случаев: с включением в модель абсолютно жестких компонент – станин, с заменой станин деформируемыми аналогами, импортированными из ANSYS, а также из MSC.Nastran (Patran).

По полученным в ADAMS нагрузкам на упругий компонент рассчитано его напряженно-деформированное состояние в средах ANSYS и MSC.Nastran (Patran), а также с помощью плагина Adams/Durability. Количественно и качественно результаты между двумя CAE-пакетами схожи. Полученное напряженное состояние в Adams/Durability имеет на 20 % заниженное значение экстремальных напряжений в сравнении с хорошо согласующимися между собой результатами в ANSYS и MSC.Nastran.

Список литературы

1. Гвоздев А.С., Мелентьев В.С. Трехмерная и динамическая модели двигателя малой мощности для исследования сопряженных процессов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – № 6 (3). – С. 626–633.
2. Рычков С.П. Msc.Visual Nastran для Windows. – М.: НТ Пресс, 2004. – 552 с.
3. Морозов Е.М., Муиземнек А.Ю., Шадский А.С. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения. – 2-е изд., испр. – М.: Ленанд, 2010. – 456 с.
4. Buffer Analysis of Multifunction Office Chair Based on ADAMS and ANSYS / Bo Jiang, Hai Tao Wu, Hong Bin Liu, Hai Tao Liu // Advanced Materials Research. – 2013. – Vol. 655–657. – P. 249–252.
5. Dynamics Simulation Analysis of Flexible Multibody of Parallel Robot / C.X. Zhu, Yong Xian Liu, Guang Qi Cai, L.D. Zhu // Applied Mechanics and Materials. – 2008. – Vol. 10–12. – P. 647–651.
6. Сметанников О.Ю., Могильников К.А. Моделирование динамического поведения сложных механизмов в среде ADAMS-EASY5 // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 5. – С. 54–58.

References

1. Gvozdev A.S., Melent'ev V.S. Trekhmernaia i dinamicheskaiia modeli dvigatel'ia maloi moshchnosti dlia issledovaniia sopriazhennykh protsessov [Three-dimensional and dynamic motor model for the study of low power conjugate processes]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2013, no. 6 (3), pp. 626-633.
2. Rychkov S.P. Msc.Visual Nastran dlia Windows [Msc. Visual-Nastran for Windows]. Moscow: NT Press, 2004. 552 p.
3. Morozov E.M., Muizemnek A.Iu., Shadskii A.S. ANSYS v rukakh inzhenera: Mekhanika razrusheniia [ANSYS in the hands of the engineer: Fracture Mechanics]. Moscow: Lenand, 2010. 456 p.

4. Bo Jiang, Hai Tao Wu, Hong Bin Liu, Hai Tao Liu. Buffer Analysis of Multifunction Office Chair Based on ADAMS and ANSYS. *Advanced Materials Research*, 2013, vol. 655–657, pp. 249-252.

5. Zhu C.X., Yong Xian Liu, Guang Qi Cai, Zhu L.D. Dynamics Simulation Analysis of Flexible Multibody of Parallel Robot. *Applied Mechanics and Materials*, 2008, vol. 10–12, pp. 647-651.

6. Smetannikov O.Iu., Mogil'nikov K.A. Modelirovanie dinamicheskogo povedeniia slozhnykh mekhanizmov v srede ADAMS-EASY5 [Simulation of the dynamic behavior of complex mechanisms in the ADAMS-EASY5]. *Nauchno-tehnicheskii vestnik Povolzh'ia*, 2013, no. 5, pp. 54-58.

Получено 10.11.2015

Об авторах

Сметанников Олег Юрьевич (Пермь, Россия) – доктор технических наук, доцент кафедры «Вычислительная математика и механика» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: sou2009@mail.ru).

Зыков Виталий Викторович (Пермь, Россия) – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: michalewzheka@mail.ru).

About the authors

Oleg Iu. Smetannikov (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Computational Mathematics and Mechanics, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: sou2009@mail.ru).

Vitalii V. Zykov (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: michalewzheka@mail.ru).