

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПОМОЛЬНО-СМЕСИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА В СРЕДЕ MSC ADAMS

Д. А. Бушуев, В. Г. Рубанов, Н. Д. Воробьев

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», г. Белгород

Рецензент д-р техн. наук, профессор С. И. Дворецкий

Ключевые слова и фразы: динамические нагрузки; компьютерная модель; помольно-смесительный агрегат; уравнивание.

Аннотация: Рассмотрена компьютерная модель процесса уравнивания центробежного помольно-смесительного агрегата в среде MSC Adams. На конкретном примере показана идентичность компьютерной и математической моделей, полученных с помощью принципа Даламбера. Описаны преимущества представления модели в MSC Adams.

Центробежный помольно-смесительный агрегат (ЦПСА) используется для обеспечения избирательного (селективного) измельчения мелкозернистых материалов различной прочности, а также получения гомогенных композиционных смесей при меньших затратах электроэнергии и высокой дисперсности конечного продукта [1].

В целях уменьшения динамических нагрузок в подшипниках ЦПСА применяются либо статически расположенные противовесы, либо системы автоматической балансировки, в которых в процессе работы агрегата изменяется положение противовесов [2].

В настоящее время активно разрабатываются различные способы автоматического управления на базе программируемых контроллеров. Решение задачи синтеза таких систем управления и моделирования их работы неразрывно связано с наличием математической модели объекта управления, то есть математической модели уравнивания ЦПСА. В работе [3] рассматривается ЦПСА, представленный рычажным механизмом с расчетной схемой, показанной на рис. 1.

Бушуев Дмитрий Александрович – аспирант кафедры технической кибернетики, e-mail: dmbushuev@gmail.com; Рубанов Василий Григорьевич – доктор технических наук, профессор кафедры технической кибернетики, директор Института информационных технологий и управляющих систем; Воробьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики, ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», г. Белгород.

Используя принцип Даламбера, составлены уравнения [3], определяющие динамические реакции R_x , R_y в подшипниках агрегата и реакцию N в ползуне C .

Реакции N , R_x и R_y , как функции независимых параметров φ , h_e , h_d (см. рис. 1), являются громоздкими нелинейными периодическими функциями и при моделировании систем управления, например, в MATLAB Simulink оказывается неудобно пользоваться математической моделью уравнивания в таком виде даже при использовании программируемых S-функций, потому что при усложнении системы, например, учете центробежных моментов инерции или изменяющемся в процессе работы коэффициенте загрузки, добавлении внешних сил необходимо составлять новые уравнения, переписывать S-функцию и т.п.

Поэтому была разработана и исследована компьютерная параметризованная модель ЦПСА (рис. 2) в среде виртуального моделирования сложных машин и механизмов MSC Adams.

Выбор этой среды моделирования обусловлен, помимо всего прочего, наличием модуля Controls, используемого для сопряжения с системами

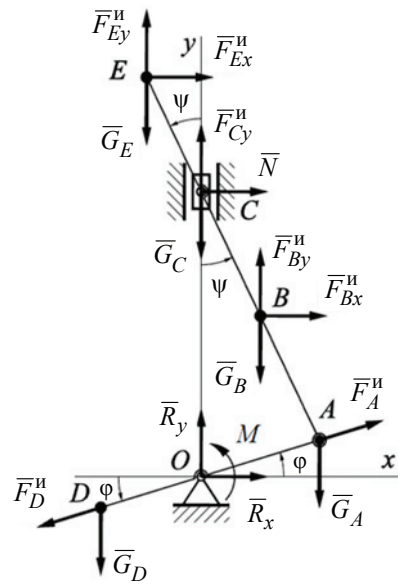


Рис. 1. Расчетная схема рычажного механизма ЦПСА

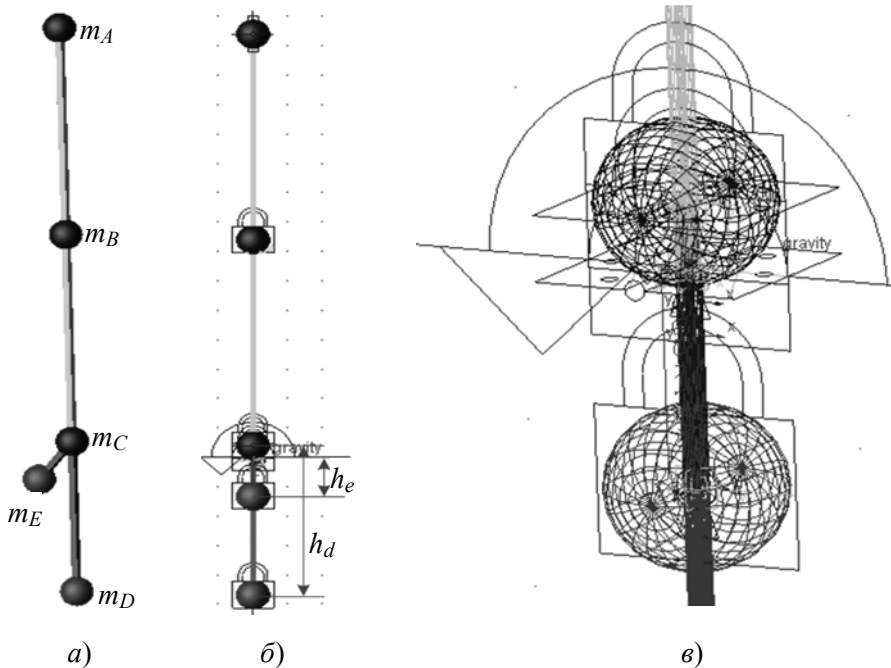


Рис. 2. Компьютерная модель ЦПСА:

а – общий 3D-вид; б – вид с наложенными связями и движением; в – укрупненный 3D-вид

моделирования MATLAB Simulink (обеспечение моделирования машин и механизмов, включающих системы управления).

Использование в модели параметризации позволяет быстро менять значения параметров агрегата, такие как массы, длины звеньев и т.п. Мощный постпроцессор обеспечивает удобную возможность для анализа полученных результатов. Например, можно одновременно наблюдать изменение динамических реакций подшипников на графике и соответствующее движение 3D-модели агрегата в замедленном режиме (рис. 3).

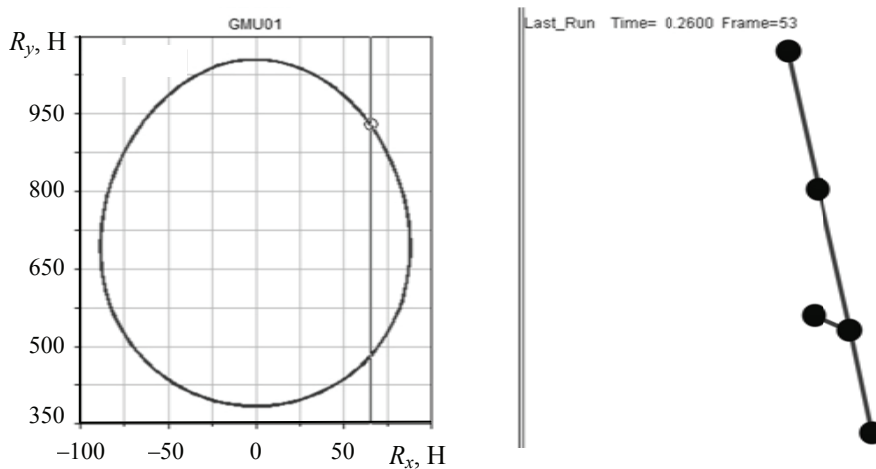


Рис. 3. Иллюстрация к использованию постпроцессора MSC Adams

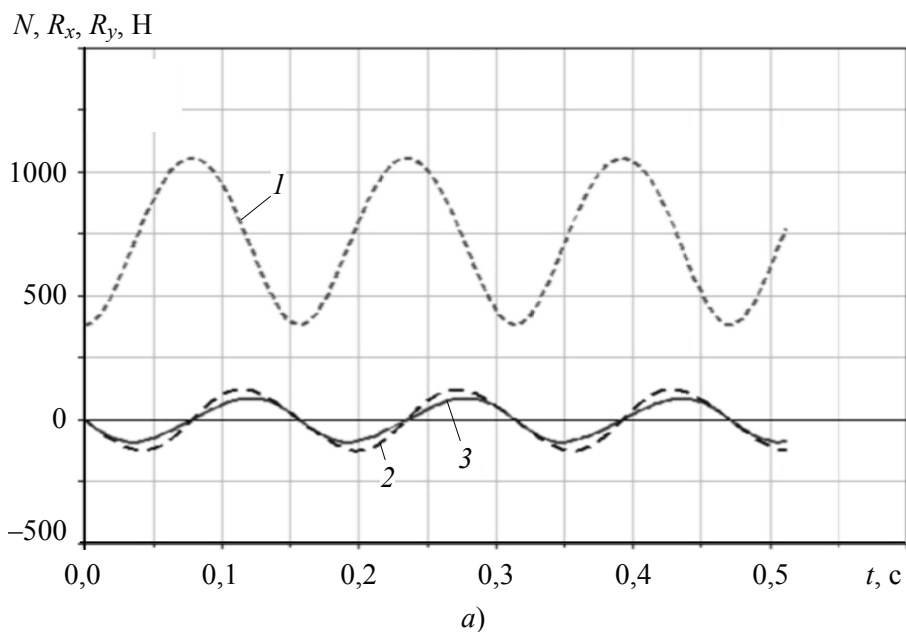


Рис. 4. Динамические реакции при уравновешивании ЦПСА двумя оптимально расположенными противовесами ($h_e = 6,6$ см, $h_d = -95,4$ см):
а – согласно расчетам в MSC Adams;

1 – R_y ; 2 – N ; 3 – R_x

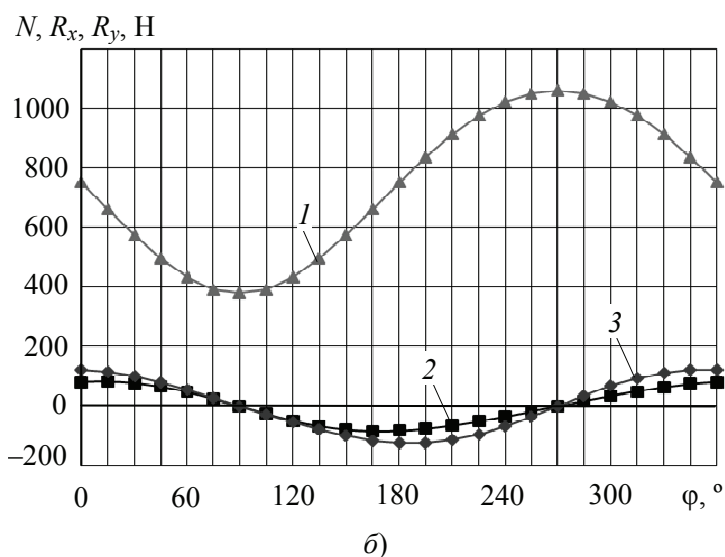


Рис. 4. Продолжение:
 \bar{b} – расчет по математической модели;
 1 – N ; 2 – R_x ; 3 – R_y

Анализ динамических реакций в работе [3] выполнялся для ЦПСА со следующими значениями исходных параметров:

- а) $m_A = m_B = m_C = 15$ кг (массы помольных камер и частей рамы, на которых они располагаются);
- б) $m_D = m_E = 15$ кг (массы противовесов);
- в) $\omega = \dot{\varphi} = 40$ рад/с (382 об/мин);
- г) $l_A = OA = 0,02$ м, $l = 2AB = 0,7$ м, $AB = BC$ (размеры звеньев агрегата согласно рис. 1).

Соответствующий расчет динамических реакций с помощью разработанной компьютерной модели показал, что его результаты (рис. 4) оказываются идентичными с результатами (с учетом начального фазового сдвига по φ), получаемыми с помощью математической модели, описанной в работе [3], с точностью до сотых Ньютона. Следует отметить, что эта точность зависит от параметров решателя и отношения числа шагов к времени моделирования.

Таким образом, разработанная компьютерная модель полностью соответствует математическому описанию, полученному в работе [3], и может быть в дальнейшем использована при моделировании систем управления в среде MATLAB Simulink.

Список литературы

1. Технологические комплексы и оборудование для переработки техногенных материалов / С. Н. Глаголев [и др.] // Вестн. Казанского технолог. университета. – 2012. – Т. 15, № 10. – С. 198 – 200.

2. Вопросы автоматизации помольно-смесительных агрегатов для получения высокодисперсных материалов / В. Г. Рубанов [и др.] // Инновационные технологии и материалы : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., г. Белгород, 11–12 окт. 2011 г. / Белгор. гос. технол. ун-т. – Белгород, 2011. – Ч. 2. – С. 215 – 220.

3. Бушуев, Д. А. Анализ динамических нагрузок в подшипниках помольно-смесительного агрегата как объекта автоматизации / Д. А. Бушуев, Н. Д. Воробьев, В. Г. Рубанов // Вестник Белгород. гос. технол. университета им. В. Г. Шухова. – 2014. – № 2. – С. 143 – 148.

References

1. Glagolev S.N., Sevost'yanov V.S., Sverguzova S.V., Shaikhiev I.G., Ural'skii V.I., Sevost'yanov M.V., Fetisov D.D., Shinkarev L.I. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2012, vol. 15, no. 10, pp. 198-200.

2. Rubanov V.G., Sevost'yanov V.S., Stativko S.A., Bushuev D.A. *Innovatsionnye tekhnologii i materialy* (Innovative technologies and materials), Proceedings of the International scientific and practical conference, Belgorod, 11-12 October 2011, Belgorod, 2011, part 2, pp. 215-220.

3. Bushuev D.A., Vorob'ev N.D., Rubanov V.G. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*, 2014, no. 2, pp. 143-148.

MSC Adams Computer Model of Grinding-Mixing Unit

D. A. Bushuyev, V. G. Rubanov, N. D. Vorobyov

V. G. Shukhov Belgorod State Technological University, Belgorod

Key words and phrases: balancing; computer model; dynamic loads; grinding-mixing unit.

Abstract: The MSC Adams computer model of the process of balancing the centrifugal grinding-mixing unit is considered. The identity of computer model and mathematical model obtained using the d'Alembert principle is shown on a concrete example. The advantages of model representation in MSC Adams are described.

© Д. А. Бушуев, В. Г. Рубанов, Н. Д. Воробьев, 2014

Статья поступила в редакцию 02.11.2014 г.