

MULTIDISCIPLINARY EXCAVATOR MODEL

Кравченко Александр Л., Гончарко А. А.,

Кравченко Алексей Л., Дробышевская О. В.,

ГНУ «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Aliaksandr Krauchonak, A. Hancharka,

Aliaksei Krauchonak, O. Drobyshevskaya,

State Scientific Institution «Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Belarus

Приведено описание мультимдисциплинарной расчетной модели экскаватора, включающей динамическую модель, модель гидросистемы и модель системы управления, реализованные соответственно в программах ADAMS и MATLAB. Динамическая модель обеспечивает динамические и кинематические характеристики механических систем экскаватора. Модель системы управления формирует управляющие сигналы, обеспечивающие порядок и величину перемещений рабочих органов экскаватора согласно его рабочим режимам. Применение такой мультимдисциплинарной расчетной модели позволяет методом виртуальных испытаний оценить показатели устойчивости экскаватора и его максимальную грузоподъемность с учетом особенностей работы гидравлического оборудования.

The description of the excavator multidisciplinary design model, including the dynamic model, the hydraulic system model and the control system model, implemented in the ADAMS and MATLAB, respectively, is given. Dynamic model provides dynamic and kinematic characteristics of excavator mechanical systems. The control system model generates control signals that ensure the order and value of movements of the excavator working members according to its operating modes. The use of this a multidisciplinary design model makes it possible to assess the stability indicators of the excavator and its maximum load capacity by the method of virtual tests, taking into account the peculiarities of the hydraulic equipment.

Ключевые слова: экскаватор, динамическая модель, ADAMS, совместное моделирование, MATLAB Simscape.

Keywords: excavator, dynamic model, ADAMS, cosimulation, MATLAB Simscape.

ВВЕДЕНИЕ

Расчетные исследования сложных транспортных средств, таких как экскаватор, целесообразно проводить с использованием современных методов и средств компьютерного моделирования и виртуальных испытаний. Однако, для того чтобы в расчетной модели учесть и механические и гидравлические составляющие конструкции, а также систему управления рабочими органами и узлами экскаватора, использование узкоспециализированных комплексов недостаточно. К примеру, динамическая модель в программе ADAMS позволяет оценить силовую нагруженность рабочего оборудования только по заданным усилиям в гидроцилиндрах без учета протекание физических процессов в гидросистеме. А модели гидравлической системы экскаватора и системы управления этой системой в программе MATLAB дополняют возможности динамической модели, что в целом позволяет получить наиболее точные результаты расчетных исследований, так как моделирование эксплуатационных режимов нагружения в таком случае наиболее приближено к реальным условиям эксплуатации. Объединение современных программных средств позволяет вести расчеты в режиме совместного моделирования (cosimulation) [1]. Таким образом, создание мультидисциплинарных моделей, совмещающих в себе подмодели для решения локальных задач на более детальном уровне, является актуальным и в некоторых случаях, например, такой как моделирование нагрузочных режимов экскаваторов с учетом работы гидравлического оборудования, является необходимым условием, для достижения заданных целей и успешного решения поставленной задачи.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ЭКСКАВАТОРА

Разрабатываемая в виртуальной среде компьютерная динамическая модель включает детально проработанные модели ковша, рукояти, стрелы, поворотной платформы, упрощенную

модель гусеничной тележки и соответствует по распределению масс проектируемому образцу.

На рисунке 1 представлен общий вид разрабатываемой динамической модели экскаватора в программе ADAMS.

Разрабатываемая модель включает 36 абсолютно твердых тел, моделирующих массо-инерционные характеристики основных конструкций и агрегатов, 40 шарниров для описания кинематических связей между ними и определения требуемых степеней свободы.

В ходе моделирования режимов работы экскаватора в среде ADAMS расчет прекращается при одном из следующих условий:

- при превышении действующими силами максимальных значений в одном из шарниров гидроцилиндров;
- при начале отрыва гусениц от основания (реакция равна нулю) [2].

Варианты нагружения по ISO 10567:2007 [3] показаны на рисунке 2.

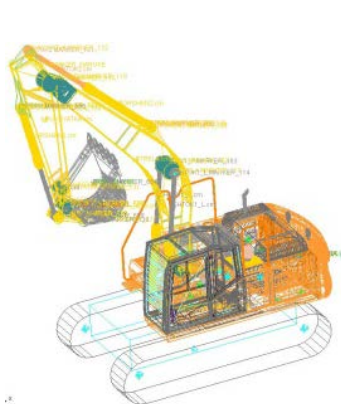


Рисунок 1 – Общий вид разработанной расчетной модели экскаватора.

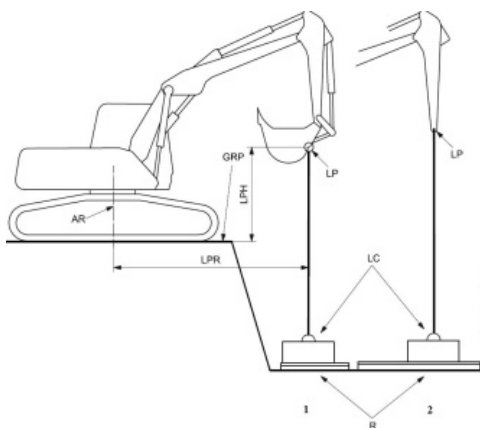


Рисунок 2 – Варианты нагружения экскаватора

AR – Ось вращения; GRP – земля эталонная плоскость; LC – тензодатчик; LP – точка з
акрепления груза; LPH – высота подъема груза;

LPR – радиус подъема груза;

R – рельсы.

1 – ПО с ковшом;

2 – ПО без ковша и гидроцилиндра ковша

Мультидисциплинарная – (совместная) модель ADAMS и MATLAB Simscape, показанная на рисунке 3, позволяет расширить функциональные возможности компьютерной модели, построенной в одном из указанных программных комплексов, например, провести расчетную оценку показателей устойчивости и грузоподъемности с полноценным функционированием системы управления гидрооборудованием. Кроме того, модель позволяет оценить баланс мощностей гидросистемы за расчетный цикл работы экскаватора при различных параметрах гидроцилиндров и насосов.

Для построения таблиц грузоподъемности используется один из рекомендованных шагов по высоте и радиусу копания, равный 1,5 м [3]. Полученное расчетное значение нагрузки заносится в соответствующую таблицу грузоподъемности.

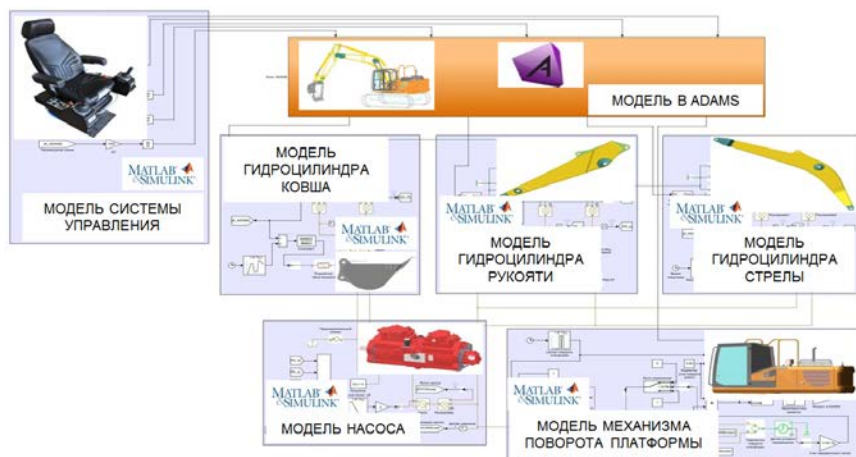


Рисунок 3 – Схема совместного моделирования ADAMS-MATLAB/Simscape

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В таблице представлены результаты компьютерного моделирования по определению показателей продольной устойчивости экскаватора в режиме с использованием стандартного рабочего оборудования (РО) согласно первому варианту нагружения (рисунок 2).

Проведение виртуальных испытаний для экскаватора со стандартным РО показало, что минимальная грузоподъем-

ность 3550 кг достигается при высоте копания 7,5 м на радиусе копания 6,0 м. Грузоподъемность в продольном направлении ограничивается гидравлическим усилием в цилиндрах рабочего оборудования, что больше номинальной грузоподъемности, величина которой составляет 3300 кг.

Таблица 1 – Номинальная грузоподъемность в точке крепления к ковшу, кг (режим нагружения 1, стандартное РО, продольная устойчивость)

Параметр		Радиус копания, м					
		1,5	3	4,5	6	7,5	Max*
Высота (глубина) копания, м	7,5	–	–	–	3550*	–	4750* [6,54м]
	6,0	–	–	–	3600*	–	4480* [7,61м]
	4,5	–	–	–	4180*	3900*	4480* [8,27м]
	3,0	–	7820*	6540*	5080*	4320*	4050 [8,62м]
	1,5	–	4330*	8250*	6040*	4850*	3930 [8,7м]
	0,0	–	5730*	7220*	6800*	4920	4060 [8,5м]
	–1,5	5540*	6740*	7100*	6960	4900	4440 [8,02м]
	–3,0	7280*	6610*	7400*	6950*	–	5360 [7,18м]
	–4,5	–	6850*	8380*	–	–	5860* [5,85м]

Примечание – Величины, обозначенные * соответствуют вариантам, когда грузоподъемность ограничена гидравлическим усилием в цилиндрах рабочего оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что создание мультидисциплинарной модели экскаватора позволило повысить ее адекватность и уточнить результаты виртуальных испытаний в процессе моделирования различных режимов эксплуатации за счет более детального моделирования систем управления гидравлического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Suspension System Dimensioning and Modelling for Co-Simulation with Simulink and Adams. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:846154/FULLTEXT01.pdf>
Дата доступа: 11.05.2022.

2. Обзор и анализ материалов по устойчивости экскаватора / Г. Н. Карасев, А. А. Степанов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdm.str-t.ru/publics/17/>. – Дата доступа: 11.05.2022.

3. Earth-moving machinery – Hydraulic excavators – Lift capacity: ISO 10567:2007. – Введ. 03.10.07. –2007. – 22 с.

Представлено 11.05.2022

УДК 629.113 – 578

ОЦЕНКА ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ФРИКЦИОННЫХ СЦЕПЛЕНИЙ ТРАНСПОРТНО-ТЯГОВЫХ МАШИН

EVALUATION OF APPROACHES TO DETERMINING THE THERMAL LOADING OF FRICTION CLUTCHES OF TRANSPORT AND TRACTION MACHINES

Поварехо А. С., канд. техн. наук, доц.,

Рахлей А. И., канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

A. Pavarekha, PhD in Engineering, Associate Professor,

A. Rakhley, PhD in Engineering, Associate Professor,

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

В статье рассмотрены различные подходы к определению основных параметров сцеплений автотракторной техники, используемые при проектном расчете. Особое внимание уделено сравнительному анализу методик оценки тепловой нагруженности и температурных режимов пар трения.

The article discusses approaches to determining the main parameters of clutches of automotive equipment used by various researchers in the