

де и отправляется в те магазины, где на него более высокий спрос. Одновременно решается вопрос защиты товара от подделки на промежуточных этапах поставки и предотвращается возможность хищения товара из торгового зала магазина.

Таким образом, информационные технологии позволяют защитить современное общество и потребителей от подделок товаров.

Список использованных источников

1. Федько В. П. Товарная политика организации: учебник. Питер, 2018. 258 с.

2. Сделано в подвале: В России подделывают белорусскую сгущенку // Новости Гомеля и Гомельской области [электронный ресурс]. 2018. Режим доступа: <http://gp.by/category/news/society/news127280.html>. – Дата доступа: 27.11.2019.

3. Понял, что теряю зрение // Tut.by – Белорусский портал [электронный ресурс]. 2016. Режим доступа: <https://news.tut.by/world/524910.html>. Дата доступа: 29.11.2019.

4. Нанесение QR-кода на упаковку // Защита от подделок [электронный ресурс]. 2017. Режим доступа: <https://original.su/company/onas/novosti/nanesenie-qr-koda-na-upakovku/>. – Дата доступа: 01.12.2019.

5. RFID и штрих-код // Автоматизация бизнеса [электронный ресурс]. 2019. Режим доступа: https://www.vostok.dp.ua/infa1/rfid/rfid_i_shtrikhovoe_kodirovanie/. Дата доступа: 02.12.2019.

УДК 630*37.001.63

К.А. Меняйлов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МАНИПУЛЯТОРА АВТОСОРТИМЕНТОВОЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Созданию и внедрению манипуляторов высокого технического уровня препятствует то, что еще некоторые вопросы кинематики, динамики и компоновки манипуляторов недостаточно исследованы.

В настоящее время для моделирования работы кранов-манипуляторов преимущественно используются аналитические методы, такие как «ручное» составление и решение уравнений Лагранжа II ро-

да, либо еще более простые оценочные расчеты, основанные лишь на базовых понятиях теоретической механики. Если такие сложные системы моделировать указанными аналитическими методами, приходится вводить целый ряд допущений, которые сильно упрощают математическую модель, и уровень ее адекватности оказывается крайне низким [1, 2].

Часто используются численные методы моделирования механизмов, которые реализуются через языки программирования, путём детального описания изучаемого процесса. Также применяют современные системы автоматизированного проектирования, в которых численные методы встроены на уровне ядра программы и требуют от ученого задания основных геометрических, динамических и кинематических параметров механизма и окружающей среды, после чего позволяют рассчитать параметры функционирования исследуемого объекта [2, 3, 4].

Последовательность создания имитационной модели манипулятора ЛВ-210-02 (рис. 1, *а*) с применением САПР SolidWorks.

В первую очередь создаются отдельные элементы конструкции и задаются материалы, из которых они изготовлены. Это позволяет определить массовые характеристики 3D-моделей. Затем, полученные детали компонуются в сборочном чертеже посредством задания характера сопряжения отдельных элементов. Полученная 3D-сборка полностью воспроизводит кинематику реального объекта и может использоваться для кинематических исследований и анимации рабочего процесса манипулятора в реальном времени (рис. 1, *б*). Далее – создание имитационной модели. Для этого используются CAE-приложения способные не только имитировать движение, но и получать данные о различных кинематических, динамических и силовых характеристиках процесса. Использовалась программа Motion, интегрированная в САПР SolidWorks и обладающая требуемым функционалом.

На рисунке 1, представлена имитационная модель манипулятора (*б*) и стационарная лабораторная установка (*а*), предназначенная для проведения лабораторных исследований дистанционного управления манипулятором [1].

Процесс создания имитационной модели включает следующие этапы: создание 3D-модели, полностью воспроизводящей кинематику и массовые характеристики реального манипулятора; приложение к штокам гидроцилиндров линейных двигателей; приложение к механизму поворота колонны углового двигателя; создание на временной шкале ключевых точек, обеспечивающих включение и выключение

двигателей, изменение их скоростей; установка датчиков, фиксирующих требуемые физические параметры процесса (напр. силы, возникающие на приложенных двигателях, скорости движения звеньев и т. п.).

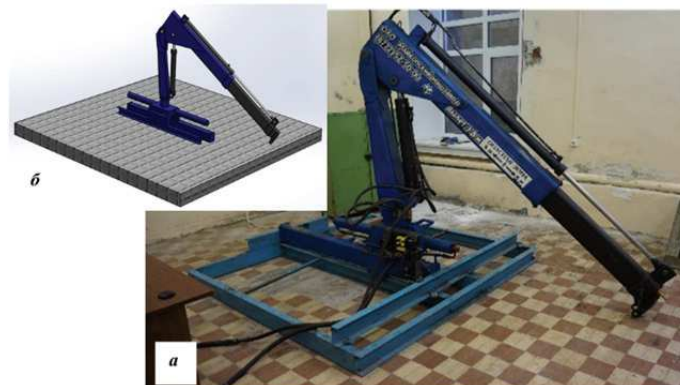


Рис. 1 – Автомобильный манипулятор

a – лабораторная установка; *б* – имитационная модель

На рисунке 2 приводится снимок рабочего окна программы SOLIDWORKS Motion во время моделирования рабочего процесса. Для отслеживания изменений в реальном времени выведены некоторые ключевые характеристики.

Новизна предлагаемого подхода к моделированию манипулятора заключается в комплексном применении параметрического 3D-моделирования. Это позволяет создать не только конструкторскую документацию, но и произвести исследования рабочего процесса с применением CAE-приложений.

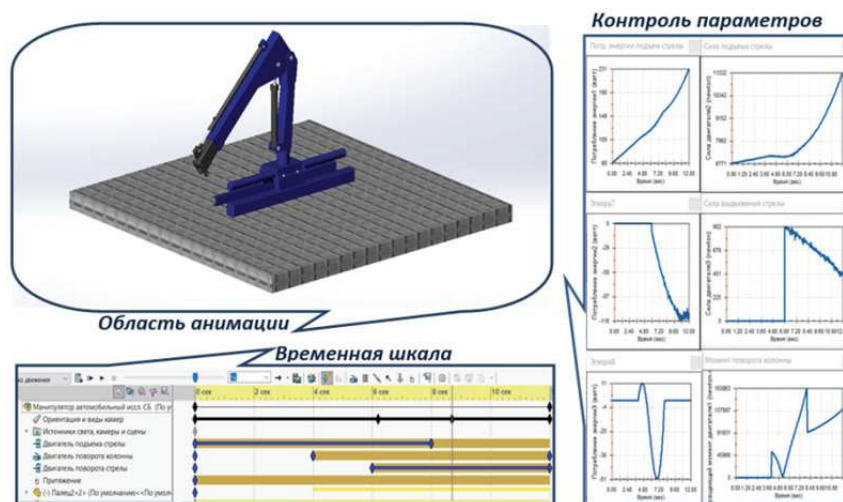


Рис. 2 – Рабочее окно CAE программы SOLIDWORKS Motion во время моделирования рабочего процесса манипулятора на виртуальном стенде

Рассмотренная имитационная модель дает возможность изучить работу манипулятора при различных рабочих режимах и выбрать оптимальные траектории его движения, позволяющие обеспечить максимальную производительность и безопасность рабочего процесса.

Для проверки работоспособности и адекватности предлагаемой имитационной модели был проведен виртуальный эксперимент. В эксперименте моделировалось движение манипулятора по сложной траектории, задачей которого был выход в определенную точку. Для этого осуществлялось параллельное включение двигателей подъема стрелы (0...7,33с), поворота стрелы (3,65...12с) и выдвижения стрелы (6...12). Таким образом, обеспечивалось совмещение до 3 операций (временной участок 6...7,33 с) (рис. 3).

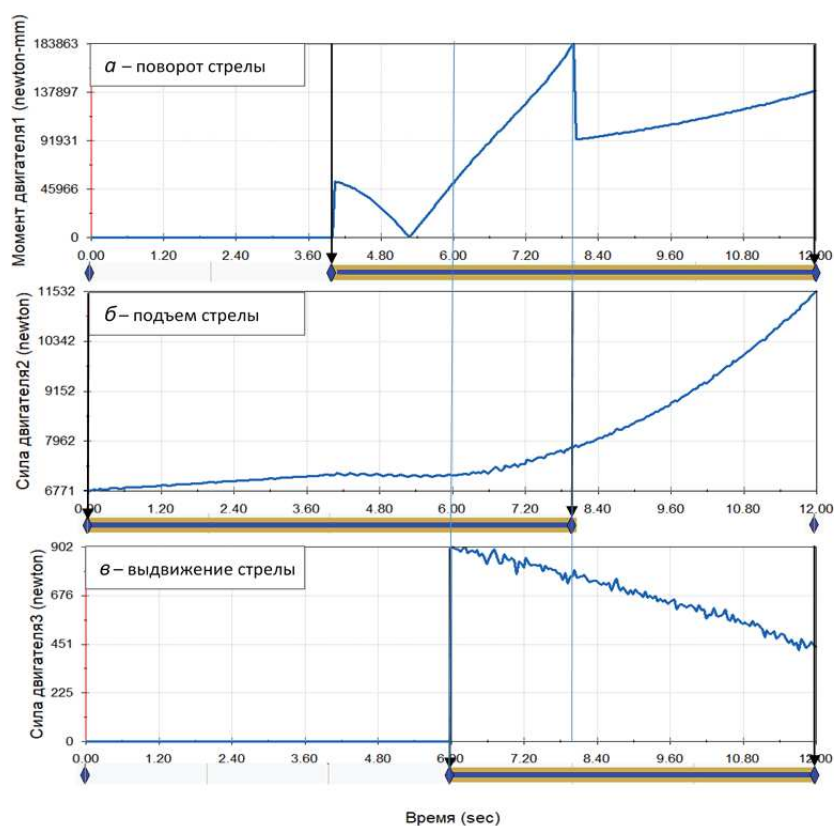


Рис. 3 – Графики сил на виртуальных двигателях

Как видно из графиков, представленных на рисунке 3, использование имитационной модели позволяет в режиме реального времени производить оценку динамической нагруженности манипулятора.

Дальнейшим развитием имитационной модели будет установка манипулятора на различные базовые машины и исследование устойчивости агрегата в разнообразных рабочих режимах, в том числе с учетом свойств опорных поверхностей. Также возможно моделирование

процесса перемещения грузов разной пространственной конфигурации с использованием различных схем крепления.

Отдельно отметим возможность исследования оптимальных траекторий движения манипулятора на их допустимость с точки зрения динамических нагрузок на элементы конструкции манипулятора, устойчивость агрегата и раскачивание груза.

Таким образом, имитационная модель манипулятора, способная полностью воспроизводить кинематику реального манипулятора, дает возможность исследования как отдельных операций (подъем стрелы, выдвижение стрелы, поворот колонны), так и их различных комбинаций. Важным преимуществом имитационной модели является возможность визуального контроля в реальном времени и наличие функций создания анимации рабочего процесса. Это позволяет оценить правильность работы имитационной модели и проработать оптимальные траектории движения манипулятора.

Список использованных источников

1. Посметьев В.И., Никонов В.О. Повышение эффективности лесовозного автомобиля с помощью рекуперативного гидропривода / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 131. – С. 100–113. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/131/pdf/54.pdf>

2. Шеленков А.Н., Колесников П.Г. Использование 3D моделирования для расчета гидроманипуляторов / Шеленков А.Н., Колесников П.Г. // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 3. – С. 56–57.

3. Колесников П.Г., Моисеев Г.Д. Применение аппарата трёхмерного твердотельного моделирования в САПР "SolidWorks" при расчёте элементов гидроманипуляторов / Колесников П.Г., Моисеев Г.Д. // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2013. – № 18. – С. 148–150.

4. Посметьев В.И., Никонов В.О., Посметьев В.В. Компьютерное моделирование рекуперативного тягово-сцепного устройства лесовозного автомобиля с прицепом / Посметьев В.И., Никонов В.О., Посметьев В.В. // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 4 (370). – С. 108–123.

5. П.И. Попиков, Д.В. Обоянцев, К.А. Меняйлов Эффективность применения рекуперативного привода на лесных машинах / П.И. Попиков, Д.В. Обоянцев, К.А. Меняйлов // Лесотехнический журнал. – 2012. – № 3 (7) – С. 95–98.