

УДК 621.865.8

**МОЛЧАНОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**  
**ГРАЧЕВ РУСЛАН ОЛЕГОВИЧ**  
**ГАЛКИН ИВАН МИХАЙЛОВИЧ**

Россия, Курск, Юго-Западный государственный университет  
dmolchanov94@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПАЛЬЦЕВ И КИСТИ АНТРОПОМОРФНОЙ  
РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ РУКИ**

*В работе приводятся основные сведения о математической модели объекта и принципы его работы, предназначенные для визуализации процесса и получения оптимальных скоростей звеньев при различных задачах.*

В настоящее время во многих странах мира, таких как США, Германия, Франция, Япония, Россия активно ведется создание биомехатронных устройств для лечения и реабилитации больных с повреждениями опорно-двигательного аппарата, с нарушениями функций головного мозга в результате травм, инсультов, неврологических заболеваний и т.д. [1]. Сегодня активно разрабатываются экзоскелеты – мехатронные устройства, позволяющие расширить функциональные возможности человека, проводить реабилитацию конечностей. Так же данная технология интересна для военных, поскольку экзоскелеты позволяют передвигаться с достаточно с большой скоростью (около 20 км/ч) и переносить большие грузы, не прикладывая значительных физических усилий. Разработка подобных устройств ведется на основе знаний в области механики, электроники, теории автоматического управления, биомеханики, медицины, компьютерного моделирования и др.

На протяжении последних десяти лет разработкой биомехатронных устройств активно ведутся на кафедре «Механики, мехатроники и робототехники» ЮЗГУ (г.Курск). Под руководством профессора Яцуна С.Ф. были разработаны устройства для реабилитации верхних конечностей [2], биомехатронные устройства для неинвазивной диагностики кожного покрова, а, начиная с 2014 года, при поддержке Российского Научного фонда ведется разработка активного экзоскелета человека (см работы [1-7]). Данное устройство предназначено для реабилитации как нижних, так и верхних конечностей.

При разработке данного устройства необходимо провести математическое моделирование исполнительных органов, обеспечивающих локомоции и перемещения человека в пространстве. В данной работе представлены результаты математического моделирования пальцев и кисти руки человека.

Моделирование осуществлялось в программном пакете MATLAB/Simulink, который позволяет отразить основные движения кисти и пальцев верхней конечности человека. Ограничения по углам в модели максимально приближены к реальным (рис. 1). Был рассмотрен случай «имитации хвата». Данная модель имеет три степени свободы. Она может сгибаться и разгибаться в пальцах и кисти, а также совершать вращательное движение всей кистью вдоль оси предплечья.

Одной из самых важных моторик верхней конечности безусловно является движение пальцами. Они способны выполнять сложные операции, требующие высокой точности. В данной работе мы рассмотрим один из стандартных случаев.

На Рис.1 мы наблюдаем движение, которое совершается одновременно четырьмя пальцами (большой палец в нашем случае неподвижен). Рис.1, а показывает начальное положение рассматриваемого нами объекта, а на Рис.1, б изображено конечное положение. В программе, также, задано возвращение в исходное положение.

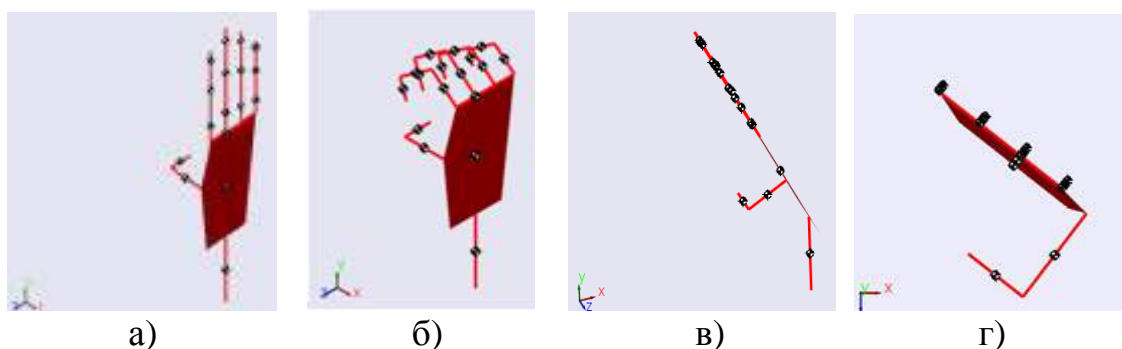


Рис.1. Моделирование движения пальцев: а) начальное положение, б) конечное положение при сгибании пальцев, в) конечное положение при сгибании кисти, г) конечное положение при вращательном движении вдоль оси предплечья

Так же немаловажным является движение кисти, на рис. 1 продемонстрированы различные позиции в) конечное положение при сгибании, г) конечное положение при вращательном движении вдоль оси предплечья.

Для реализации данной модели мы использовали программный пакет MATLAB/Simulink. На Рис.2 – 5 представлены структурные схемы исследуемого объекта.

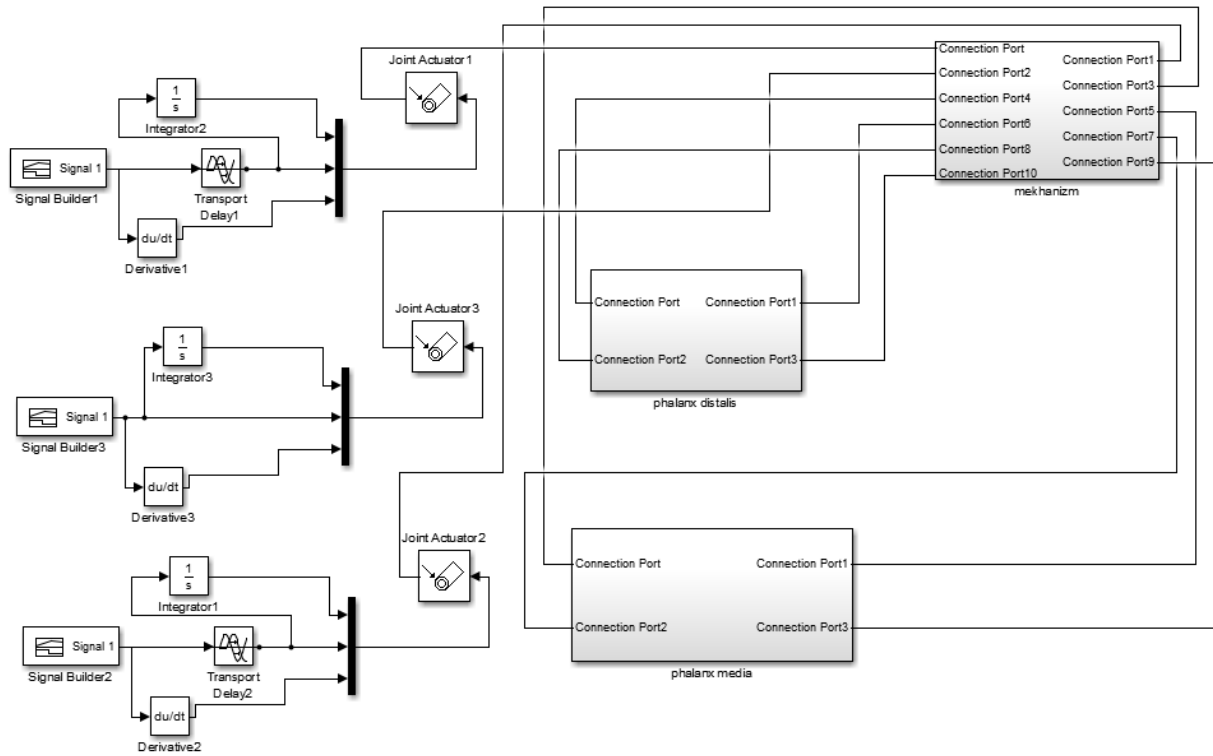


Рис.2 Схема модели пальцев и кисти верхней конечности

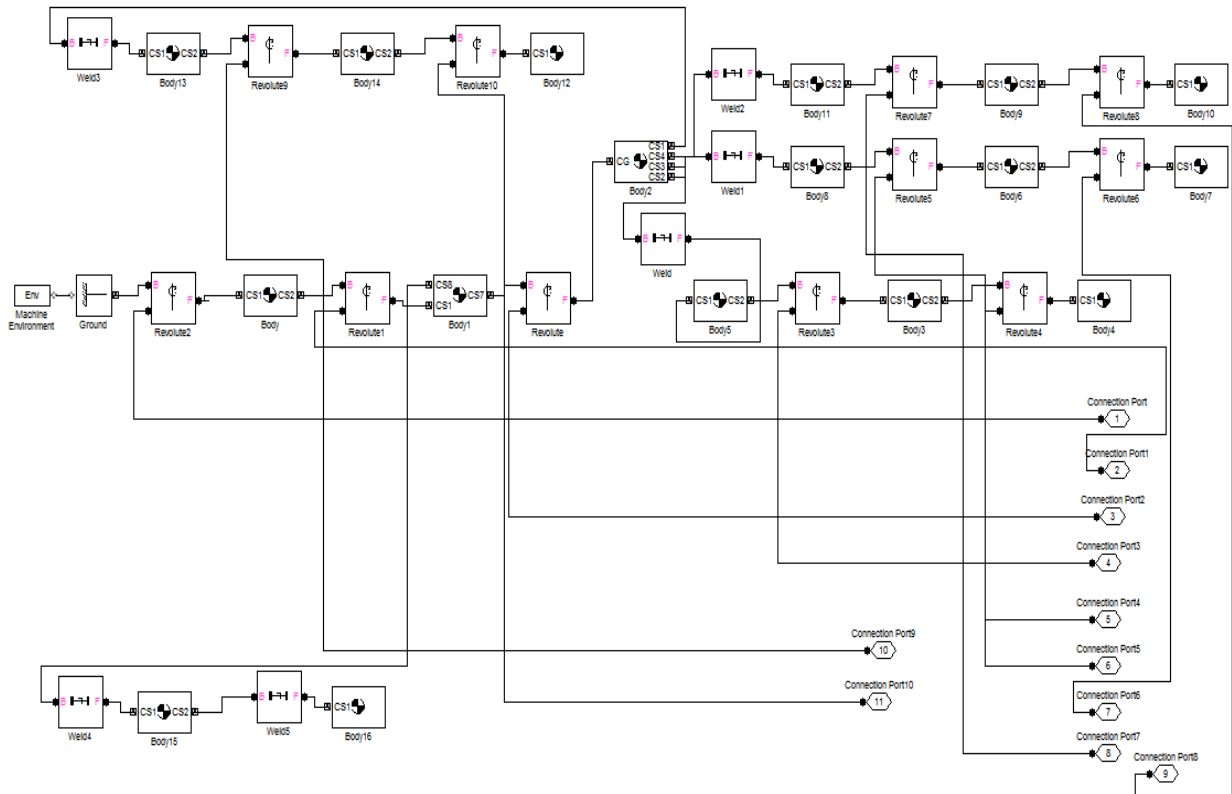


Рис.3 Блок mekhanizm

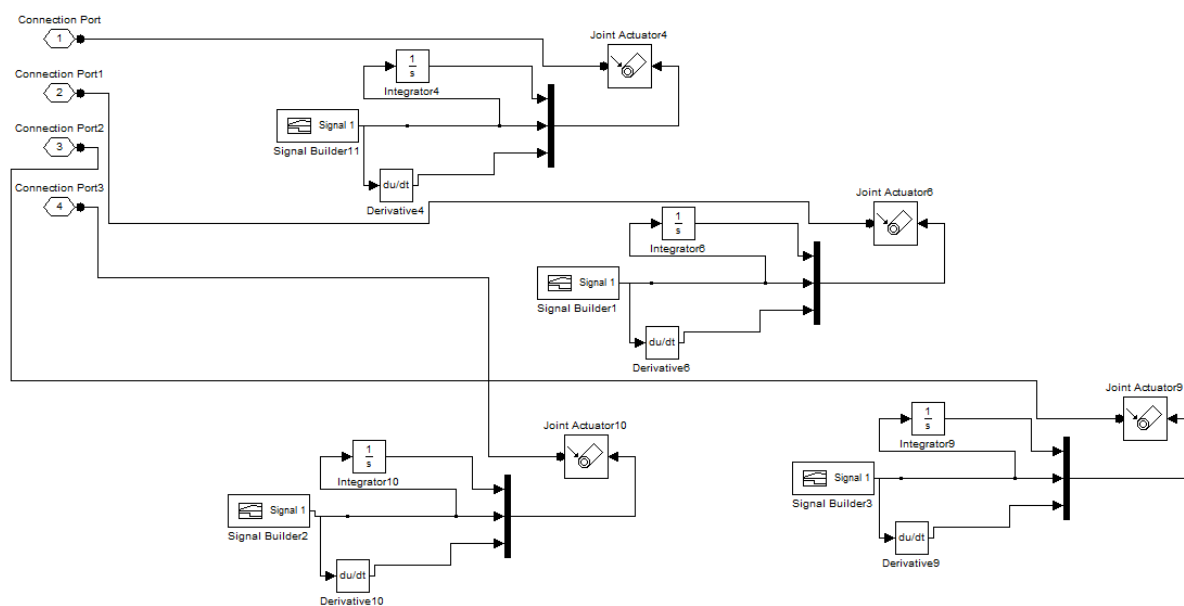


Рис.4 Блок phalanx distalis

В блоке phalanx distalis заданы скорости верхних фаланг пальцев. Как мы видим, они одинаковы. Скорость, заданная в блоке Signal Builder (рис.6) также у всех одинакова. Таким же образом разработаны схемы для средних фаланг пальцев в блок phalanx media (рис.5). Тем самым мы реализуем реалистичное движение пальцев руки при «хвате» в среде математического моделирования.

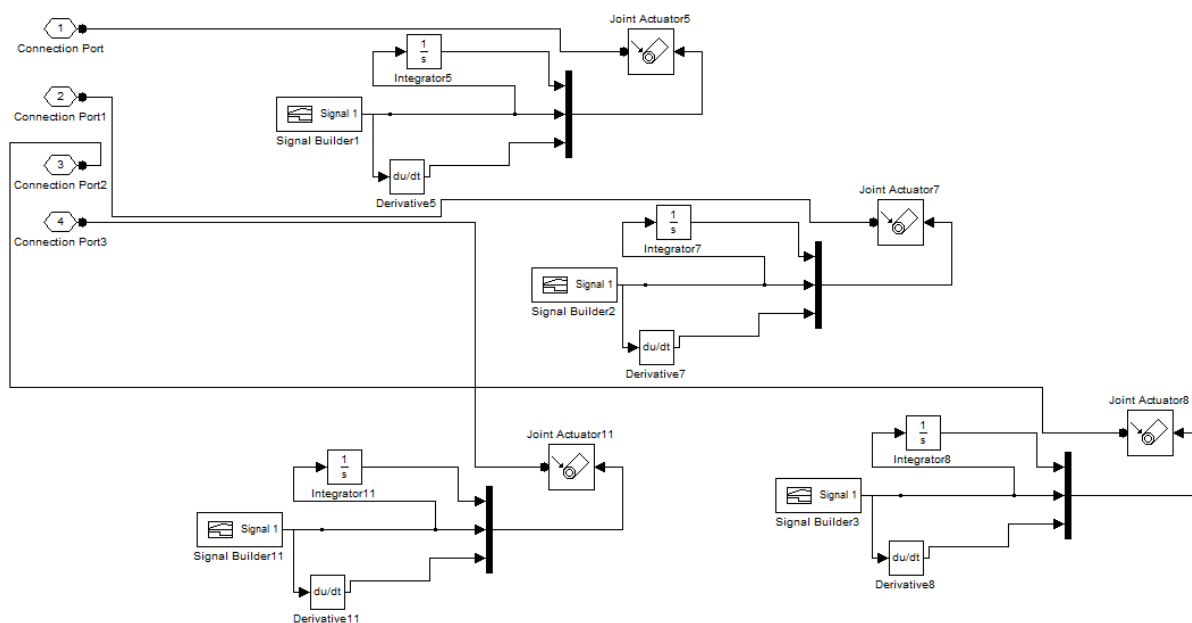


Рис.5 Блок phalanx media

Одним из основных критериев качества работы данного устройства является равная скорость всех пальцев руки. Задание скорости достигается с помощью блока Signal Builder. У каждой части пальца (дистальная, средняя и проксимальная фаланги) она различна. Благодаря

вышеперечисленным условиям данная модель приближена к движению реальной руки при совершении операции «хват».

Ниже представлены блок-схемы Signal Builder в которых продемонстрированы графики скоростей отдельных частей пальцев руки (рис 6):

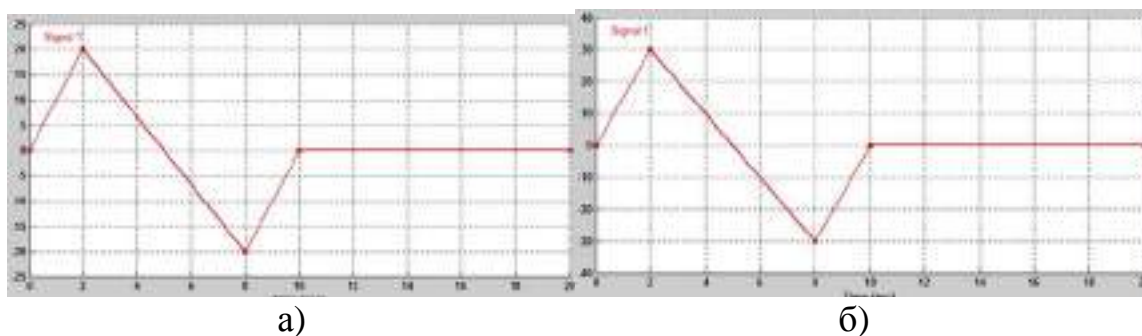


Рис.6 График скорости: а) средней фаланги, б) дистальной фаланги

Как мы видим из графиков, пиковые скорости средней фаланги больше, чем у дистальной фаланги, это связано с тем, что у последнего большая амплитуда движения. Для максимального приближения исполнительных органов экзоскелета к реальной биомеханике человека необходимо обеспечить не только совпадение их кинематических характеристик, но и обеспечить точное совпадение осей вращения подвижных элементов. Данная технология может использоваться в восстановительной медицине для реабилитации пациентов на основе плавного перехода от пассивной к активно-пассивной тренировке.

По той же логике и с помощью тех же блоков задаём скорости движения кисти.

В данной статье была рассмотрена математическая модель разработанная в программном пакете MATLAB/Simulink. Эта модель позволяет в дальнейшем произвести кинематический и динамический анализы, также может являться «скелетом» для более сложных задач.

#### *Список литературы*

1. Jatsun S.F., Savin S.I., Yatsun A.S., Turlapov R.N. Adaptive control system for exoskeleton performing sit-to-stand motion // The Tenth International Symposium on Mechatronics and its Applications ISMA 2015 p. 25.
2. Яцун С.Ф. Экзоскелеты: анализ конструкций, принципы создания, основы моделирования / Яцун С.Ф., Савин С.И., Емельянова О.В., Яцун А.С., Турлапов Р.Н. Курск, 2015.
3. Яцун С.Ф., Савин С.И., Яцун А.С., Климов Г.В. Кинематический анализ экзоскелета в процессе подъема груза // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии, 2015. №3 (16), С.24-30.
4. Яцун С.Ф., Савин С.И., Яцун А.С., Турлапов Р.Н. Адаптивная система управления экзоскелета, осуществляющего вертикализацию человека// Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии, 2015. №3 (16), С. 30-37.

5. Савин С.И., Яцун С.Ф., Яцун А.С., Ворочаева Л.Ю. Математическое моделирование управляемого движения механизма с отрывом от поверхности // Труды XI Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики / Казань, 2015. С. 244.

6. Jatsun S.F., Vorochaeva L. Yu., Yatsun A.S., Savin S.I. The modelling of the standing-up process of the anthropomorphic mechanism // Proceedings of the International Conference on CLAWAR 2015, pp. 175-182.

7. Яцун С.Ф., Савин С.И., Яцун А.С., Яковлев И.А. Синтез параметров регулятора экзоскелета с использованием – последовательностей // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: техника и технологии, 2015. № 4 (17), С. 24-31.

**НАУМОВ АРТЕМ АЛЕКСЕЕВИЧ**, студент

(e-mail: artyomnaumov@mail.ru)

**ХАРЧЕНКОВ РОМАН ЮРЬЕВИЧ**, студент

(e-mail: romzes4good@yandex.ru)

Россия, Юго-Западный государственный университет

## **ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА РЕМОНТА И СБОРКИ ЗАВОДСКИХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА**

*Рассматриваются способы качества изготовления автомобиля, для обеспечения его качественного и быстрого ремонта. Приведены примеры испытания узлов и агрегатов автомобиля после процесса сборки.*

*Ключевые слова: ремонт, сборка, автомобиль, дефект, узел автомобиля.*

Покупая автомобиль каждый водитель хочет, чтобы узлы и агрегаты были сделаны качественно и выходили из строя как можно меньше. Но в настоящее время происходит обратное, по статистике каждый 5 автомобиль ремонтируется до 30000 км пробега и зачастую водителям нужно долгое время ждать пока автомобиль отремонтируют из-за сложности его конструкции. Одной из причин поломки может служить некачественная сборка узлов и агрегатов. Так как же правильно произвести сборку и быстрый ремонт? Автомобили собирают двумя способами: тупиковым и поточным. Тупиковый способ сборки обычно применяют на предприятиях с небольшой программой ремонтных работ, поточный же способ - на специальных ремонтных предприятиях. Характеристика каждого способа рассматривалась ранее при разборке автомобиля. Применяют различные инструменты, позволяющие механизировать процесс сборки.

Технологический процесс сборки разных моделей автомобилей определяется их конструкцией, но общая последовательность сборки примерно одинакова.

Качество изготовления автомобиля определяется техническим и технологическим уровнями производства, квалификацией персонала, применяемыми материалами и уровнем организационно-управленческого регу-