Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 http://naukovedenie.ru/

Том 9, №2 (2017) http://naukovedenie.ru/vol9-2.php

URL статьи: http://naukovedenie.ru/PDF/37TVN217.pdf

Статья опубликована 01.05.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:
Ф.Т.Г.К., Ермаченков Д.И., Петренко Е.О. Проектирование очувствленной системы управления схватом по схеме управляющей перчатки. Разработка конструкции // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №2 (2017) http://naukovedenie.ru/PDF/37TVN217.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 62-214.3

Фазли Тамаш Гуль Карим
ГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Россия, Москва[1]
Магистрант
E-mail: ftpublick@mail.ru

Ермаченков Дмитрий Игоревич
ГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Россия, Москва
Магистрант
E-mail: dimitry.ermachenkov@gmail.com

Петренко Елизавета Олеговна
ГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Россия, Москва
Научный руководитель
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: arbuzov41@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=741433

Проектирование очувствленной системы управления схватом по схеме управляющей перчатки. Разработка конструкции

Аннотация. В статье авторы обозначают актуальную для многих областей науки и техники проблему точного и оперативного выполнения манипуляционных операций. Для этих целей предлагается использовать очувствленную управляющую перчатку. В работе рассматриваются существующие реализации подобных систем двустороннего действия. Осуществляется разработка конструкции перчатки с учетом прочности, веса и удобства использования оператором. Проводится расчет на прочность, обосновывающий выбор материала конструкции. В заключении, авторы делают вывод о предложенной конфигурации управляющей перчатки и возможности ее производства.

Ключевые слова: точность управления; манипулятор; очувствление; перчатка; система двустороннего действия; система с отражением усилия; расчет на прочность; выбор материала

1. Введение

Задачи точного и оперативного управления робототехническими системами и комплексами на сегодняшний день занимают исключительно важное место. При этом, во

[1] 105005, Москва, 2-я Бауманская улица, дом 5, кафедра РК9

многих областях современной науки и техники существуют виды работ, требующие выполнения сложных манипуляционных операций в условиях, опасных для жизни и здоровья человека. Основным техническим средством их выполнения являются манипуляторы [5]. Поэтому, без решения задач точного управления сегодня невозможны такие сферы деятельности, как: автоматизированная работа с хрупкими компонентами при сборке и/или транспортировке; точное управление и позиционирование объектов в быстроменяющихся условиях; создание современных протезов; исследовательские работы в экстремальных средах и др.

На сегодняшний день, в большинстве случаев задачи управления решаются путем использования полуавтономных и автономных (автоматических) систем [2, 3]. Однако недетерминированность условий рабочей зоны при выполнении сложных работ делает нецелесообразным, а часто просто невозможным, использование манипуляционных роботов, действующих автоматически. Для подобных случаев наиболее применимым классом систем является биотехническая (управляемая оператором), которая является одной из самых простых и доступных с точки зрения написания управляющих алгоритмов, однако не менее сложной в вопросах механизации [3]. Данный метод управления может позволять точно и оперативно манипулировать объектом даже в агрессивных и труднодоступных средах, таких как: космос и поверхности планет; подводные полости; подземные полости; зараженные объекты и другие. Помимо перечисленного, данный метод может использоваться в интерактивных и автоматических системах эпизодически (режим обучения робота, аварийная ситуация, выполнение отдельных ответственных операций). Он является зачастую наиболее информативным, поскольку позволяет, к примеру, задействовать тактильную чувствительность, что открывает совсем иную область его применения по сравнению с иными методами [5, 11].

Наибольшее распространение для дистанционного выполнения работ в экстремальных средах получили копирующие манипуляторы. Наиболее передовой технологией на сегодняшний день является использование в них различных систем двустороннего действия (далее ДСД) [2, 3, 12], которые, помимо прочего, в некотором масштабе воспроизводят на задающем органе усилия, с которыми манипулятор воздействует на объект работ. Наибольшую важность для создания современной и эффективной системы управления с подобным силомоментным очувствлением играет разработка удобного задающего (управляющего) органа. Наиболее современным в данном направлении является использование экзоскелетонов - антропоморфных конструкций, обычно "надеваемых" на тело человека и управляемых им (см. рис.1). Очевидным преимуществом подобного рода систем является возможность более точного и естественного ощущения оператором через подобную конструкцию манипуляционных силовых воздействий, оказываемых на объект работ [11].

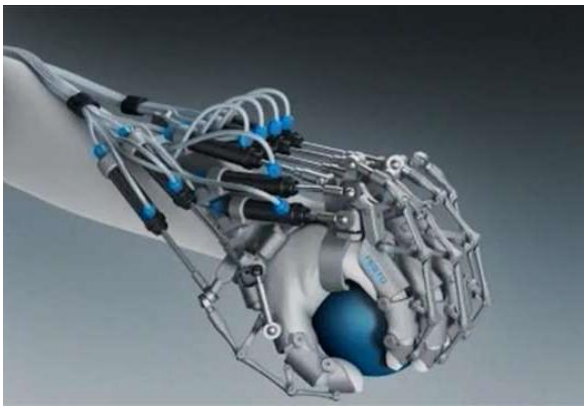

Рисунок 1. *Антропоморфная управляющая перчатка*

Кисти рук являются наиболее точной в управлении частью тела человека. Управляемые с помощью следящих систем ДСД и манипулируемые руками человека, подобные «перчатки» позволят с высокой точностью передать требуемые движения и усилия с любым масштабным коэффициентом исполнительному органу, который их воспроизведет.

Более того, благодаря наличию тактильных сенсоров и силометрических систем, такая система не только передаст управляющее воздействие, но и вернет реакции из исполнительного органа обратно через перчатку человеку в понятной для него форме (сопротивление движению).

2. Постановка задачи

Цель данной работы - разработать конструкцию очувствленной системы управления ДСД по схеме управляющей перчатки, для задействования ее в задачах автоматизированного высокоточного управления различного рода схватами и манипуляторами. При этом в качестве датчиков предполагается использовать датчики усилия (давления), а в качестве области влияния обратной связи на человека - использовать тактильную сенсорику пальцев кисти. Для достижения поставленной цели требуется решение следующих задач:

1. Изучить характеристики приводов, используемых в промышленности при построении управляющих устройств манипуляторов в системах ДСД (развиваемые усилия и крутящие моменты, а также габариты механизма);
2. Исследовать виды и принцип действия датчиков давления и выбрать наиболее подходящий тип с точки зрения габаритов, средней стоимости, выходных сигналов;
3. Исследовать существующие конструкции управляющих перчаток (геометрия, материалы);
4. Спроектировать раму очувствленной управляющей перчатки с учетом требований условию сборки, к габаритам, к удобству использования, к простоте монтажа датчиков и к легкости ее быстрой перенастройки под кисть руки любого оператора. При этом учитывать размеры датчиков и приводов, а также среднестатистическую длину пальцев рук. Для осуществления эффективного использования с наименьшей утомляемостью выбрать наилучшие материалы. Предусмотреть механизмы подстройки длины и диаметра «фаланг» перчатки;
5. Создать расчетную схему и провести расчет конструкции на прочность с использованием ПО Ansys для каждого из рассмотренных материалов. Обосновать выбор в пользу того или иного материала и оценить слабые места конструкции;
6. Сделать выводы по результатам комплекса инженерно-конструкторских работ и оценить пригодность перчатки для ее применения.

3. Выбор основных компонентов и разработка конструкции

3.1. Изучение наиболее часто используемых приводов

На первом этапе проектирования было проведено исследование уже существующих решений и концепций, с целью выявить основные тенденции в использовании управляющих перчаток в робототехнике, протезировании и управлении манипуляторами. В рассмотрении учувствовали гидравлические и пневматические линейные приводы, электрические сервоприводы, тяговые системы на основе тросов. По результатам анализа статей и публикаций [11, 12, 13, 14] был сделан выбор в сторону приводов с развиваемыми усилиями порядка 12..20 Н линейной силы или 2,5..6 кг*см крутящего момента.

Гидравлические и пневматические приводы положительно отличаются своей плавностью работы, что может позволить осуществить более реалистичную обратную связь. Однако существенным недостатком являются их габариты и масса в совокупности с подводящими шлангами и дополнительными устройствами (напр. клапанами), участвующими в работе. Сервоприводы не имеют подобного недостатка и выпускаются современной промышленностью в очень маленьких габаритах (с объемом занимаемого пространства вплоть до двух кубических сантиметров) [13, 14], что позволяет удобно их разместить в перчатке. Говоря о тросовых решениях, стоит заметить, что они обладают еще меньшими габаритами, однако зачастую не позволяют реализовать обратную связь. В связи с выше сказанным, выбор пал на сервоприводы.

3.2. Выбор датчиков давления

В рассмотрении участвовали тензорезистивные датчики, емкостные, индуктивные, а также датчики на основе пьезоэлектрического эффекта. Тензорезисторные датчики используются в настоящее время наиболее часто в широком ряде задач, широко выпускаются в любых габаритных размерах, начиная от нескольких миллиметров [3, 11]. Еще одним очевидным плюсом является простота обработки данных, поступающих с таких датчиков. Говоря о емкостных и индуктивных датчиках, стоит отметить их чрезвычайно высокую чувствительность к изменению внешнего измеряемого усилия, что является очевидным плюсом. Однако они отличаются сравнительно высокой стоимостью. Датчики на основе пьезоэлектрических эффектов также просты в обработке данных и очень чувствительны, однако применимы только лишь в тех задачах, где необходимо измерят малый разброс усилий (перемещений). Таким образом, наиболее целесообразно в будущем устройстве использовать тензорезистивные датчики.

3.3. Анализ существующих решений и выбор будущей конфигурации

Перед разработкой своей конструкции, необходимо было рассмотреть существующие решения. Анализ ряда источников [11, 12, 13, 14] выявил некоторые тенденции в форм-факторах управляющих перчаток для различных применений (в том числе и для решения задач протезирования). Чаще всего так или иначе используется опорная часть, жестко сопряженная с кистью руки оператора, изготовленная из цельнолитых (или прессованных) и затем обработанных заготовок. В качестве материалов зачастую используются заранее сформованные стекло- или угле пластики, алюминий, PLA и ABS пластики. Наиболее интересным элементом оказались «фаланги» перчатки, для которых используется довольно широкий спектр решений. Чаще всего они представляют собой:

1. конструкцию, изготовленную из множества шарниров, накладок на пальцы оператора (с датчиками или без) и тяговых компонентов (см. рис. 2). Сложнее других конфигураций, но обладает большими возможностями по ремонту и по установке чувствительных сенсоров;
2. упрощенная (по сравнению с предыдущей) конфигурация, имеющая только один фрагмент фаланги для крепления на пальце, что уменьшает возможности по установке датчиков (см. рис. 3), но упрощает сборку и обслуживание;
3. сборки цельных гибких компонентов, имеющие в качестве тяговых элементов тросы (см. рис. 4), более комфортные для оператора, но не подразумевающие наличие обратной связи, что делает их непригодными для поставленной задачи.

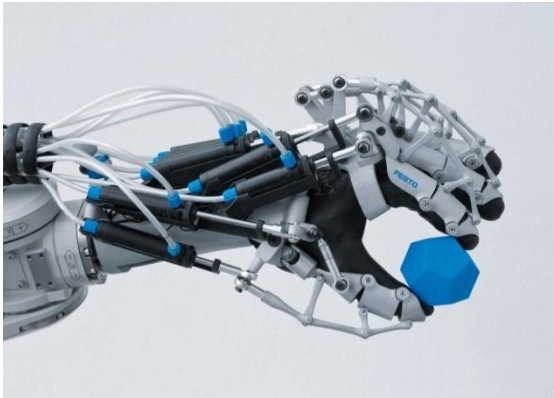

Рисунок 2

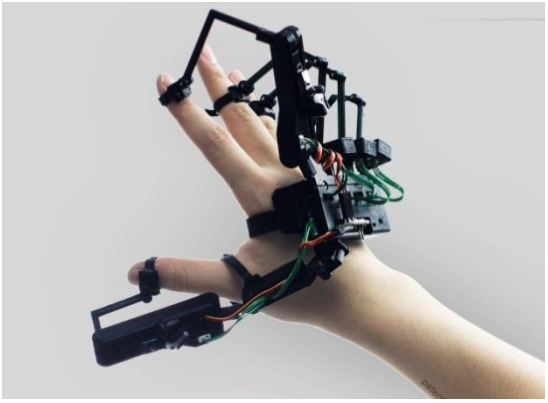

Рисунок 3

Таким образом, выбор пал на рамы из цельнолитых пластиков или металлов, имеющие упрощенную конфигурацию для легкости сборки и обслуживания. Использование перчатки для управления схватом манипулятора делает достаточным наличие трех каналов управления, что также без избыточности легко достигается при использовании рамы выбранного типа.

Рисунок 4

Так же стоит заметить, что в такую конструкцию легко монтируются требуемые привода обратной связи, а, при необходимости, компоненты такой конструкции можно максимально упростить, сделав ее простой в изготовлении.

Если говорить о недостатках, то выбранный тип перчатки будет обладать меньшей прочностью, по сравнению с рамами первого типа. Однако, возможно достижение достаточной прочности при правильном проектировании геометрии. Кроме того, использование гораздо меньшего количества материала и покупных крепежных элементов несколько снижает себестоимость данного типа рамы относительно остальных.

3.4. Разработка конструкции управляющей перчатки

После геометрического анализа размеров и форм аппаратуры, было проведено эскизное проектирование с учетом среднестатистических размеров кисти человека и будущих мест для крепежных элементов приводов и датчиков. Затем был назначен крепеж для взаимного соединения частей конструкции. После изучения соответствующих справочников [1, 4, 7] были выбраны винты с мелким шагом резьбы по ГОСТ 1491-80, а также упорные быстросъемные кольца (шайбы) на вал по ГОСТ 11648-75.

Затем была разработана опорная часть, базирующаяся на кисти оператора, как наиболее важная и сложная часть, критичная как для комфорта работы, так и для установки приводов. Помимо этого при проектировании тяговых элементов учитывалось и то, что у большинства людей плоскости движения пальцев не строго перпендикулярны (в месте своего пересечения) с плоскостью ладони. По этой причине были разработаны и специальные шарнирные соединения, которые в совокупности позволяют изменять положение фаланги относительно кисти вращением вокруг всех трех пространственных осей. Присоединение приводов планируется осуществлять непосредственно к опоре кисти с помощью резьбовых соединений. Установка же датчиков на фалангах осуществляется с помощью клеевого соединения. Для надежного закрепления же всей перчатки на руке оператора разработаны отверстия для

установки резиновых (или силиконовых) ремней, охватывающих запястье оператора и настраиваемых по длине. Заключительным этапом была разработка трехмерной модели перчатки в САПР SolidWorks. Также, для полного понимания конструкции разрабатываемого изделия, ниже приводится трехмерная модель в сборе, с установкой всех электронных приводных узлов и датчиков (см. рис. 5). Для удобства восприятия и упрощения, сигнальные и силовые кабели в ней были опущены.

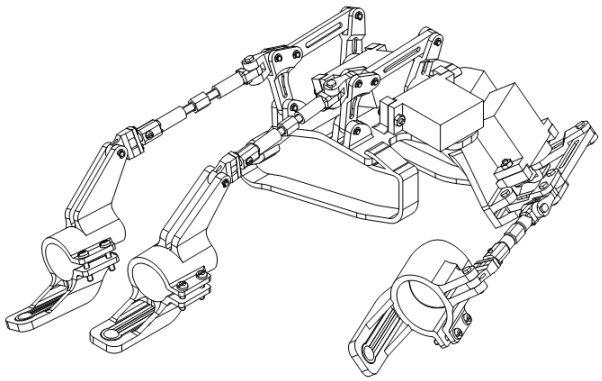

Рисунок 5. *Конструкция управляющей перчатки*

3.5. Предварительный выбор материала перчатки

Ранее было решено использовать в качестве заготовок цельнолитые, по заранее подготовленным моделям, компоненты, которые затем будут подвергаться необходимой дообработке по посадочным поверхностям. В качестве основных материалов для них могут быть использованы пластики или легкие металлы (напр. цветные сплавы, сплавы алюминия). Анализ характеристик [7] и сфер использования в уже существующих изделиях [11, 12, 13, 14] показал, что как металлы (в основном сплавы алюминия), так и пластики являются приемлемым и довольно часто применяемым решением. Для последующего сравнения в данных группах были выделены дюралюминий марки *Д16Т по ГОСТ 4784-97* и ABS пластик литьевой марки 770. Выбор материала для крепежа (шайбы и винты) проводился из соображений наибольшей прочности, и была назначена конструкционная сталь (сталь 10).

4. Расчеты конструкции на прочность в ПО Ansys

4.1. Допущения, расчетная схема и условия проведения расчета

В процессе эксплуатации на перчатку действуют сила F, создаваемая пальцем оператора при воздействии на каждую из фаланг рамы; сила тяжести элементов рамы; крутящий момент M от сервоприводов, приложенный к каждому из приводных кривошипов в направлении сгибания либо разгибания фаланг (в зависимости от режима работы). В качестве упрощения предполагается, что влияние сил тяжести много меньше остальных силовых факторов (допущение 1), и что силы от пальцев оператора в процессе управления, приложенные к фалангам, действуют вдоль осей стержней, соединяющих фаланги с опорой кисти (допущение 2). Третьим допущением является то, что все нагружающие силовые факторы сохраняют свое направление и после возникновения деформаций (идеализация сил). Допущения 4 и 5 - гипотезы о сплошности и однородности материала. Для расчетов на прочность, последние три допущения являются стандартными [6].

Можно рассматривать только один палец, так как нагружение остальных идентично. Рассчитываемая конструкция представляет собой четыре плоские балки, закрепленные между

собой шарнирно (см. рис. 6). При этом две из них играют роли кривошипов и закреплены своими шарнирами к основанию-заделке (опора кисти). Еще одна играет роль шатуна, соединяющего приводной кривошип конструкции с опорным. Последняя же играет роль фаланги, к которой приложено усилие от пальца оператора.

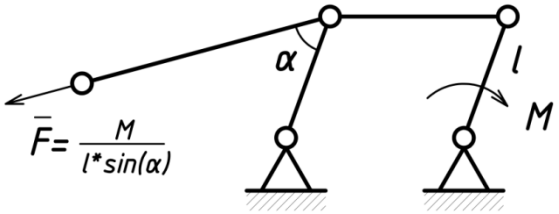

Рисунок 6. *Расчетная схема анализа прочности конструкции*

4.2. Обоснование расчетных условий

Обеспечение способности выдерживать нагрузки без разрушения - ключевой фактор работоспособности изделия. В данном случае было важно обеспечить прочность конструкции в одном из самых нагруженных (хоть и стандартных) условии эксплуатации - нагружении в режиме удержания (приводы не дают пальцам оператора сдвинуть фаланги дальше, чтобы почувствовать усилие на управляемом манипуляторе). В данной ситуации в самом худшем из случаев, вращающие моменты приводов приложены по направлению разгибания фаланг, в то время как оператор наоборот равнозначным усилием старается их согнуть. Тяговые элементы перчатки в данной ситуации будут растягиваться и изгибаться в вертикальной плоскости, проходящей по оси симметрии фаланги, вследствие противоположной направленности усилия оператора и усилия привода. Нагрузки на все элементы конструкции будут максимально возможными. В реальной ситуации большую часть времени нагрузки будут гораздо меньшими, поскольку режим удержания используется относительно редко. А значит, при обеспечении прочности рамы в моделируемой ситуации, автоматически обеспечивается и прочность разработанной перчатки в любом жизненном применении.

4.3. Расчет на прочность

Расчет на прочность проводился в ANSYS Workbench. Так как моделируемая ситуация также описывает и максимально возможные напряжения, возникающие при любом резком увеличении нагрузок, то расчет проводился кинетостатический. После задания характеристик была импортирована 3D модель перчатки. Для всех контактирующих деталей было назначено сопряжение типа «контакт с трением» (винты работают на сдвиг). Затем, материалы были соотнесены с каждым из элементов конструкции, сформировав их физические характеристики (такие как модуль Юнга и коэффициент Пуассона). Разбиение компонентов на конечные элементы проводилось методом заметания, качество получившейся сетки 68%. При моделировании описанной ранее ситуации, модель перчатки была закреплена по поверхностям касания с кистью оператора (с исключением всех подвижностей). В качестве усилия был задан максимальный крутящий момент привода, переведенный в силу и приложенный к пальцу на фаланге:

$$F = \frac{M}{l * \sin(\alpha)} = \frac{25.5}{2 * \sin(90)} = 12.75\ H$$

Результаты расчета на прочность по материалам приведены в таблице 1. Программная погрешность проведенных вычислений составила *0,2%*.

Таблица 1

Результаты расчета

Основной материал	Полная деформация, мм	Эквивалентная упругая деформация, мм/мм	Эквивалентное напряжение, МПа
ABS пластик	*0,810*	*0,0019400*	*3,47*
Дюралюминий	*0,002*	*0,0000506*	*8,04*

Если проводить анализ результатов расчета по дюралюминию, то необходимо учитывать также и предел текучести. Это же касается и пластика. Согласно ГОСТ для дюралюминия Д16Т предел текучести составляет *320 МПа*, а предел прочности - *450 МПа*. Оценка ведется по пределу текучести, так как при достижении данной точки начнется разрушение конструкции [6]. Согласно результатам расчета, максимальное напряжение, возникающее в конструкции из дюралюминия, составило *8,04 МПа*. Значит, запас прочности в этом случае равен:

$$[n]_{\text{д16т}} = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{\sigma_{max}} = \frac{320}{8.04} = 39.80$$

Затем проводится анализ результатов расчета при использовании ABS пластика. Согласно ГОСТ для данной марки пластика предел текучести составляет *36 МПа*, а предел прочности - *47 МПа*. Оценка, так же, как и в случае с дюралюминием, ведется по пределу текучести. Согласно результатам расчета, максимальное напряжение, возникающее в конструкции из пластика, составило *3,47 МПа*. Значит, запас прочности в этом случае равен:

$$[n]_{ABS} = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{\sigma_{max}} = \frac{36}{3.47} = 10.37$$

Таким образом, разработанная конструкция, изготовленная из любого из проверенных материалов, не разрушится, находясь в пределах упругих деформаций. Однако, помимо рассмотрения прочностных параметров, также нужно учитывать и другие параметры (см. табл. 2). Это нужно делать по той причине, что слишком тяжелая перчатка может приводить к утомляемости оператора и снижению производительности осуществляемых работ. В свою очередь, чрезмерные деформации в способны значительно снизить чувствительные характеристики перчатки [2, 11, 12].

Таблица 2

Сводная таблица расчетных характеристик

Основной материал	Полная деформация, мм	Запас прочности	Полная масса конструкции, г
ABS пластик	*0,810*	*10,37*	*77*
Дюралюминий	*0,002*	*39,80*	*150*

Можно увидеть положительные и отрицательные стороны выбора того или иного материала. Пластик обладает меньшей (однако все же достаточной) прочностью в сравнении с дюралюминием. Эквивалентные напряжения для пластика приведены на рисунке 7. При этом величина деформации хоть и велика, по результатам расчета видно, что данные деформации не находятся вблизи установки чувствительных датчиков, где их величина близится к нулю (см. рис. 8). И хоть масса рамы из д16т и не является очень большой, сам материал в производстве будет более дорогим как с точки зрения стоимости заготовок, так и с точки зрения затрат на длительную обработку. В итоге был выбран пластик марки ABS, и можно утверждать, что даже в самой неблагоприятной ситуации разработанная конструкция перчатки будет обеспечивать прочность и работоспособность.

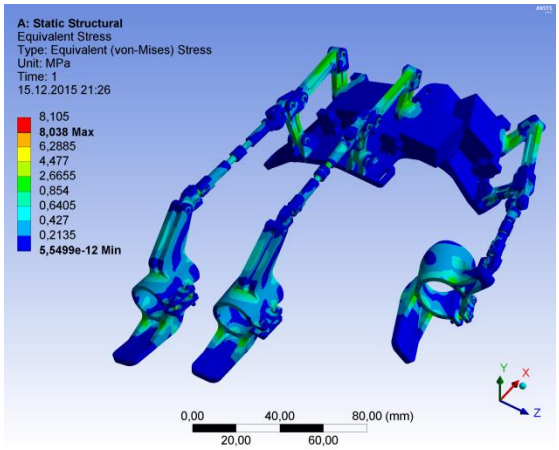

Рисунок 7. *Эквивалентные напряжения для ABC пластика*

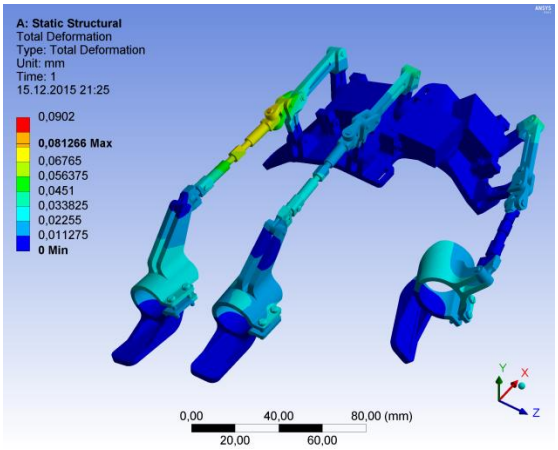

Рисунок 8. *Полная деформация для ABC пластика*

5. Заключение

В статье был проведен обзор существующих решений построения управляющих перчаток и систем обратной связи. Кроме того, было проведено исследование в области наиболее часто применяемых приводов. Анализ включал в себя исследование влияния их характеристик на массу, точность и плавность работы конструкции. Также был проведен анализ существующих видов датчиков давления и их характеристик, который позволил в результате назначить в качестве таковых тензорезисторы.

После этого был проведен комплекс конструкторских работ по разработке конструкции управляющей перчатки. Предложенная конфигурация отличается пригодностью для эффективного применения в широком спектре задач и обладает легкостью подстройки геометрии под конкретный размер кисти оператора. Помимо этого, был проведен конечно-элементный расчет конструкции на прочность в наименее благоприятных условиях. Каждый из рассматриваемых материалов был проверен, а результаты расчета дали основание назначить основным материалом ABS пластик. Коэффициент запаса прочности составил 10,37 (до пластических деформаций).

Таким образом, все задачи, поставленные в данной работе, были выполнены, а цель - достигнута. Разработана конструкция очувствленной управляющей перчатки с обратной связью, способная выдержать даже самые неблагоприятные эксплуатационные нагрузки и быть при этом удобной для использования оператором. Разработанные по итогам изысканий конструкторские документы позволят с легкостью изготовить очувствленную перчатку на любом Российском производстве, что и планируется осуществить с целью дальнейших испытаний в комплексе с системой управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас конструкций узлов и деталей машин: учеб. пособие / Б.А. Байков и др.; под ред. О.А. Ряховского, О.П. Леликова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 400 с.
2. Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы / В.С. Кулешов, Н.А. Лакота, В.В. Андрюнин и др.; под ред. Е.П. Попова. - М.: Машиностроение, 1986. - 328 с.
3. Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. пособие / Воротников С.А. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 384 с.
4. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. - 11-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 496 с.
5. Основы робототехники / Н.В. Василенко, К.Д. Никитин, В.П. Пономарёв, А.Ю. Смолин.; под ред. К.Д. Никитина - Тм.: МГП «РАСКО», 1993. - 470 с.
6. Сопротивление материалов: учеб. для ВУЗов / В.И. Феодосьев - 10-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. - 592 с.
7. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т.1. - 9-е изд., перераб. и доп. / Анурьев В.И.; под ред. И.Н. Жестковой. - М.: Машиностроение, 2006. - 928с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. - 496 с., ил.
9. Технология автоматизированного производства: учебник для ВУЗов / Жолобов А.А. - Мн.: Дизайн ПРО, 2000. - 624 с.
10. SolidWorks. Оформление чертежей по ЕСКД: учеб. пособие / С.А. Каплун, Т.Ф. Худякова, И.В. Щекин - М.: SolidWorks Russia, 2009. - 190 с.
11. Sangveraphunsiri V., Malithong K., Vongbunyong S. - A Control Technique for a 6-DOF Master-Slave Robot Manipulator System for Miniature Tasks / Sangveraphunsiri V. - Bangkok: ICAE publishing house, 2010. - 16 p.
12. Milestone In Remote Handling Technology, 2007. [Электронный ресурс, публикация] - URL: http://ru.scribd.com/doc/17275215/.
13. Dextra Robotics. [Электронный ресурс] - www.dextarobotics.com.
14. Festo Group. Automation - Exo Hand. [Электронный ресурс] - https://www.festo.com/net/startpage/.

Fazli Tamash Gul Karim
Bauman Moscow state technical university, Russia, Moscow
E-mail: ftpublick@mail.ru

Ermachenkov Dmitry Igorevich
Bauman Moscow state technical university, Russia, Moscow
E-mail: dimitry.ermachenkov@gmail.com

Petrenko Elizaveta Olegovna
Bauman Moscow state technical university, Russia, Moscow
E-mail: arbuzov41@mail.ru

Designing sensitized gripper control system based on controlling glove architecture. Structural design

Abstract. In the article the authors indicate relevant to many areas of science and technology the problem accurately and promptly comply with manipulation operations. For these purposes, use-ochuvstvlennuju offers control glove. In this paper we consider the existence of such operating systems, double action. Carried out development construction gloves in view of strength, weight and ease of use the rel-rum. Strength is calculated, justifying the choice of the material of construction. In conclusion, the authors conclude the proposed configuration management gloves and its production.

Keywords: control accuracy; manipulator; sensitizing; robotic glove; bilateral control system; reversible system; strength/stress analysis; material selection