

**А.М. Ханов, А.Е. Кобитянский, Н.М. Белокрылов,
Д.А. Фефилов, А.О. Трофимов**

**A.M. Khanov, A.E. Kobitjanskii, N.M. Belokrilov,
D.A. Fefilov, A.O. Trofimov**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

СИНТЕЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА

SYNTHESIS AND DESIGN OF THE DEVICE FOR THE REHABILITATION OF THE ELBOW

Приведено описание методики конструкторско-технологического проектирования мобильного и простого устройства для реабилитации локтевого сустава, заключающейся в синтезе механических аналогов элементов локтевого сустава, его изготовления с применением метода прототипирования.

The method of design simple mobile device for the rehabilitation of the elbow, which consists in the synthesis of mechanical analogs of the elements of the elbow, production of the device via prototyping.

Ключевые слова: механотерапия, локтевой сустав, синтез, механические аналоги, прототипирование, устройство.

Keywords: apparatusotherapy, elbow, synthesis, mechanical analogs, prototyping, device.

Локтевой сустав – сложное сочленение плечевой кости с локтевой и лучевой костями предплечья. Его функции – сгибание-разгибание локтевого сустава и осевая ротация предплечья [1]. Проблема лечения и реабилитации локтевого сустава занимает существенное и важное место в оказании медицинской помощи.

По статистике повреждения локтевого сустава составляют от 40 до 50 % всех травм опорно-двигательного аппарата, что приводит к потере трудоспособности, материальным и моральным затратам. Например, в Пермском крае происходит примерно 5–7 тыс. травм локтевого сустава в год, причем 1000–1300 пациентов нуждаются в продолжительном лечении. Лечение и профи-

лактика травм локтевого сустава является одной из приоритетных задач травматологии.

Одним из методов лечения и профилактики травм локтевого сустава является механотерапия. Механотерапия – один из важнейших элементов реабилитации после травм суставов и оперативных вмешательств. Данный метод включает в себя разработку суставов с помощью специальных аппаратов с целью улучшения подвижности в оперированном суставе, восстановления максимально возможного объема движений в нем, тренировки мышц, улучшения кровообращения и микроциркуляции в тканях сустава. При механотерапии движения в суставе могут быть как активными, когда конечностью двигает сам пациент, так и пассивными, когда движения осуществляются аппаратом.

На первом этапе исследования изучены подходы к решению данной проблемы на основе аналитических методов [2, 3]. Однако конструкторско-технологическая реализация результатов в данных работах не выполнена.

Существует ряд устройств для реабилитации – это Fisiotek, Kinetec, ORMED и др. Данные устройства обладают сложной конструкцией, реализуют только одно движение человеческой руки, не мобильны, обладают большими габаритами и требуют дополнительных устройств. Кроме того, они довольно дороги.

В нашей работе ставится задача по созданию методики конструкторско-технологического проектирования мобильного, недорогого и простого устройства для реабилитации и лечения локтевого сустава. Проведен анализ элементов сустава и выявлены механические аналогии. При этом верхний лучелоктевой сустав можно представить в виде шарикоподшипника, а блок и головчатое возвышение локтевого сустава – в виде сферы и катушки, расположенных на одной оси [1]. Разработаны структурные схемы предполагаемого устройства, реализующие основные движения элементов локтевого сустава (рис. 1).

В результате анализа данных схем выбрана следующая структурная схема (рис. 2). Данная структурная схема позволяет реализовать основные движения человеческой руки и состоит из трех кинематических пар V класса. Звено 3 и шарнир C отвечают за осевое вращение предплечья, звено 2 и шарнир B – за автоматическое смещение активной части устройства на угол смещения предплечья в горизонтальной плоскости, звено 1 и шарнир A – за сгибание-разгибание локтевого сустава.

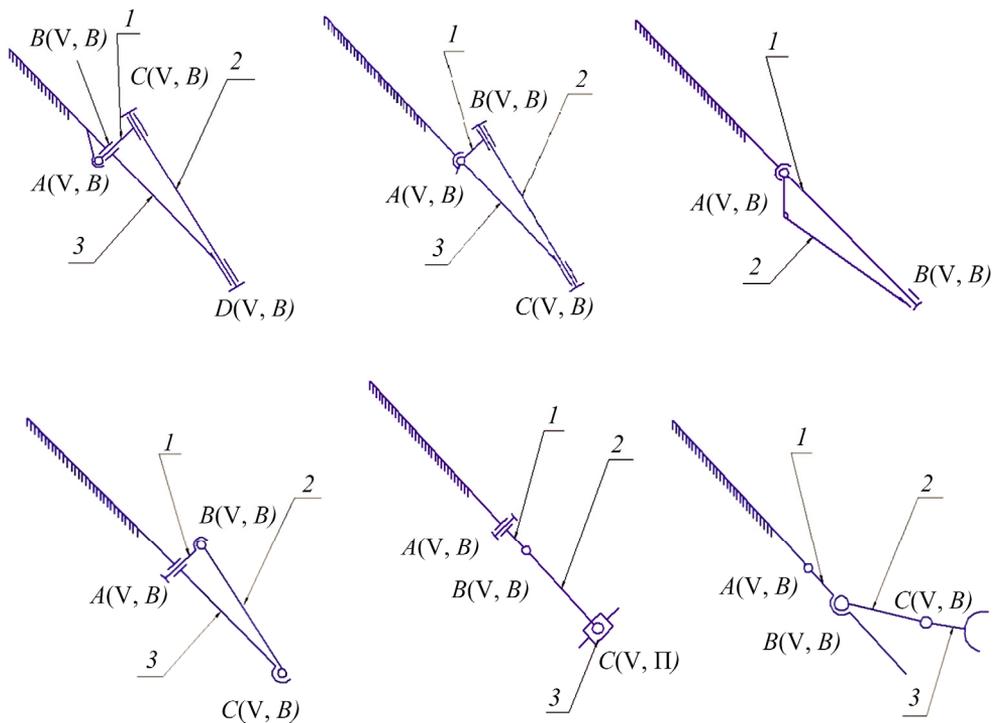


Рис. 1. Схемы возможной конструкции устройства

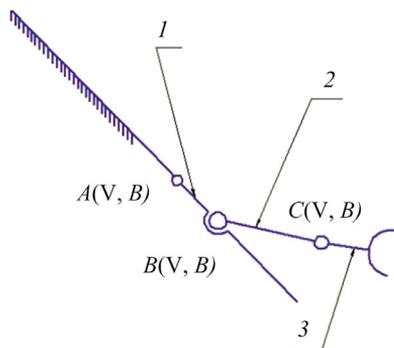


Рис. 2. Схема предполагаемой конструкции устройства

Предложенная структурная схема послужила основой для конструирования одного из вариантов устройства, предназначенного для применения в детской травматологии. Алгоритм конструкторско-технологического синтеза представлен на рис. 3.



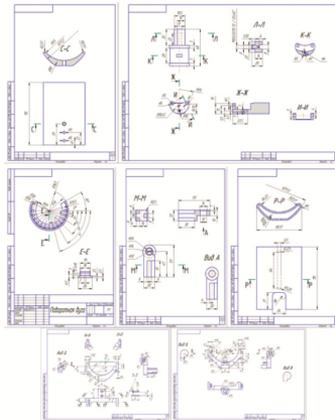
Рис. 3. Процесс изготовления устройства

На первом этапе синтеза были подобраны геометрические параметры всех деталей и узлов устройства. Для реализации этого этапа использовались геометрические параметры локтевого сустава, взятые из рентгеновского снимка руки пациента. На следующем этапе построены чертежи каждого элемента. На основании чертежей была построена трехмерная размерная модель устройства. С учетом этого выбран один из методов быстрого прототипирования – стереолитография¹ [4]. Процесс изготовления устройства представлен на рис. 3, 4.

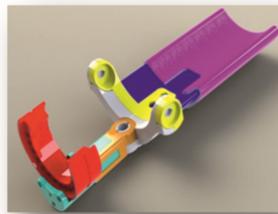
¹ EnvisionTec. Система быстрого прототипирования Perfactory® Руководство по использованию технического и программного обеспечения. EnvisionTEC GmbH., Гладбэк, Германия.



Рентгеновские
снимки



Чертежи
устройства



CAD-модель



Детали и узлы
устройства

Рис. 4. Основные этапы процесса изготовления устройства

В результате проведенной работы получено устройство, представленное на рис. 5.



Рис. 5. Прототип готового устройства

Принцип действия данного устройства заключается во вращательном движении основных элементов друг относительно друга. Многофункциональность обеспечивается за счет сгибания-разгибания локтевого сустава, ротации предплечья и автоматической подстройкой индивидуальной оси ротации. Применение плоских кинематических пар пятого класса упрощает конструкцию, позволяя регулировать длины звеньев без разборки устройства. Устройство является мобильным комплексом.

Предложенная методика позволяет перейти к непосредственному изготовлению подобных устройств с учетом индивидуальных особенностей пациентов.

Список литературы

1. Капанджи А.И. Позвоночник. Физиология суставов. – 6-е изд. – М.: Эксмо, 2009. – 368 с.
2. Яцун С.Ф., Тарасова Е.С. Кинематический анализ движения руки в локтевом суставе при реабилитации методами механотерапии / Юго-зап. гос. ун-т. – Курск, 2011. – С. 1215–1220.
3. Тарасова Е.С., Яцун С.Ф. Кинематические особенности движения реабилитационного устройства для локтевого сустава совместно с рукой человека // Журнал научных и прикладных исследований, медицинские науки. – Курск, 2013. – № 4. – С. 59–64.
4. Морозов В.В. Исследование и разработка технологических режимов изготовления отливок по выжигаемым моделям, полученных методом лазер-

ной стереолитографии: дис. ... канд. техн. наук / Мос. гос. техн. ун-т. – М., 2005. – 161 с.

Получено 2.10.2013

Ханов Алмаз Муллаянович – доктор технических наук, профессор, ПНИПУ, МТФ, e-mail: mtf-dekanat@pstu.ru.

Кобитянский Алексей Ефимович – кандидат технических наук, профессор, ПНИПУ, e-mail: detali@pstu.ru.

Белокрылов Николай Михайлович – доктор медицинских наук, e-mail: belokrylov1958@mail.ru.

Фефилов Дмитрий Анатольевич – студент, ПНИПУ, МТФ, гр. ТОК-13-М, e-mail: freerodj@mail.ru.

Трофимов Александр Олегович – студент, ПНИПУ, МТФ, гр. ТОК-13-М, e-mail: nameofmybox@mail.ru.