

## АНАЛИЗ РЫНКА СОВРЕМЕННЫХ БИОНИЧЕСКИХ ПРОТЕЗОВ

Рудьковский Д.Н., Кан Д. В.

Научный руководитель – к. т. н. Баранов П.Ф.  
кафедра ТПС, Томский политехнический университет  
dnr3@tpu.ru

### Введение

По статистике около 12% людей на планете [1] имеют нарушения функций и структур организма, препятствующие физической активности, затрудняющие социальную жизнь и профессиональную деятельность человека. Более 50 миллионов человек в год становятся инвалидами [2] по тем или иным причинам. Из них в среднем около 300 тысяч теряют ноги [3], а 390 тысяч – теряют руки [4].

### Актуальность

В настоящее время основная часть протезов, разрабатываемая в отечественных и зарубежных лабораториях и научных центрах [5-8], является попросту пластиковой. Они могут принимать некоторое положение, однако не являются полностью функциональными. С другой стороны, бионические протезы имеют лучшие показатели таких параметров как *число степеней свободы* и *сроку службы*; однако они являются достаточно дорогими и недоступными среднестатистическому их покупателю.

В данной работе проводится (1) анализ методов протезирования наиболее подвижного вида конечностей – конечностей рук; (2) приводятся технические параметры, которые необходимо улучшить в собственной разработке.

### Основная часть

Анализ предметной области стоит начинать с имеющихся технических и технологических решений. Выделим применяемые на современном этапе технологии, применяемые при протезировании конечностей рук (таблица 1).

Таблица 1. Матрица решений протезирования конечностей рук

Решение \ Параметр	Пластиковый протез	Бионический протез
Число степеней свободы	15	23
Срок службы, лет	3	20
Надежность	Низкая	Средняя
Цена	Низкая или средняя	Высокая

Рассматриваемые аналоги имеют определенные преимущества. Однако комплексное решения, сочетающего в себе приемлемую цену, срок службы, качества захвата предметов в явном виде отсутствует.

Авторы видят решение имеющейся проблемной ситуации в разработке перспективного вида

протезов отечественного производства. В качестве основного ориентира были выбраны бионические протезы, обладающие значимым количеством преимуществ по сравнению с обычными пластиковыми протезами.

Ранее бионическими протезами называли устройства, похожие на замещаемую часть тела. С точки зрения современных понятий – это протезы, управляемые электроникой и биотоками, то есть использующие миографию или энцефалограмму. В настоящее время развитие технологий бионического протезирования находится в стадии зарождения. В основном они имеют только четыре функциональных захвата, что позволяет принимать пищу, в том числе жидкости в стаканах, печатать на клавиатуре, поворачивать ключ в замке и даже удерживать мелкие предметы. Регулируется так же и сила сжатия пальцев – таким образом пользователь может удерживать в руке даже пластиковый стаканчик, или разбивать яйца. Это стало возможно благодаря применению специализированных датчиков, считывающих электрические сигналы с мышц. Основным недостатком данного протеза является большая стоимость: в 2013 году она могла доходить до 100 тысяч долларов. С другой стороны, существует проблема вживления специализированного чипа в мозг пациента, что значительно снижает спрос на подобные устройства. Однако технологии не стоят на месте, и сейчас уже существуют браслеты, имеющие обратную связь через тактильные датчики, расположенные на искусственной коже. Однако данный фактор не только не решает проблему высокой стоимости протеза, но и усугубляет ее.

В 2013 году было найдено решение проблемы стоимости, так как практически все части протеза были распечатаны на 3D-принтере [9-10]. Данный фактор позволил в разы уменьшить его себестоимость, в том числе энергозатраты на производство, а также время изготовления. Неоспоримым достоинством данного метода является возможность индивидуальной разработки и подгонки протеза к человеку, быстрое производство и возможность заменить детали.

На данный момент 3D-печать уже довольно широко вошла в нашу жизнь, стоимость бюджетного 3D-принтера составляет около 300 долларов США [11]. Однако вместе с тем имеется большое количество разновидностей пластика, обладающего в некоторой степени удивительными свойствами и структурой: например, пластик с высокой температурой плавления, повышенной прочностью, или наоборот эластичностью [12].

Возможности 3D-печати на этом не заканчиваются. Она доступна для любого желающего и не требует установки специализированного чипа в мозг, что так же уменьшает риски при его применении. Это стало возможным с применением более совершенных датчиков и управляющего устройства с открытым программным кодом. Основным недостатком этого метода считается довольно быстрый износ подвижных деталей, недостаточная жесткость конструкции, порой некорректная работа управляющего модуля.

Наиболее перспективным на данный момент считается протез, изготовленный с использованием сверхлегких материалов, таких как углепластик, титановые и алюминиевые сплавы [12]. Несомненно, это приводит к удорожанию прибора. Однако при этом устраняются существенные недостатки: устраняется недостаток прочности, снижается вес, увеличивается ресурс работы деталей, а соответственно и общий срок службы устройства. По сути единственным существенным недостатком данного метода является высокая себестоимость производства. Поэтому проблема спроса на данные решения остается открытой.

#### **Заключение**

В заключении можно сказать, что выбор на рынке бионических протезов очень ограничен, и не всегда позволяет воспользоваться всеми благами полноценной руки. На данный момент они активно дешевеют благодаря применению аддитивных технологий, однако существует огромное количество недоработок.

Данная работа являлась в большей степени обзорной. В дальнейшем планируется разрабатывать собственные решения для протезирования конечностей рук человека. За основу будут взяты принципы и методы функционирования не пластиковых, а именно бионических протезов.

#### **Список использованных источников**

1. Оксенюк Д.Н., Черноус Д.А. Минимизация сил и моментов в биомеханической модели конечностей человека // Механика. научные исследования и учебно-методические разработки. №8, 2014. с. 148-153.
2. Рубцов В.В., Васина Л.Г., Куравский Л.С., Соколов В.В. Модельный образец специальных образовательных условий для получения высшего образования студентами с инвалидностью: опыт создания и применения // Психологическая наука и образование. 2017. Т. 22. № 1. С. 34-49
3. Литвинова Н.Ю., Черняк В.А., Панчук О.В., Плюта И.И. Роль дуплексной флоуметрии в оценке состояния тканей нижней конечности у пациентов с хронической ишемией нижних конечностей // Сердце и сосуды. 2014. № 3 (47). С. 83-88.
4. Маликов М.Х., Курбанов У.А., Давлатов А.А., Хван И.Н. Пересадка комплекса тканей при потере функции мышц верхней конечности // Новости хирургии. 2013. Т. 21. № 5. С. 111-116.

5. Борисова О.В., Борисов И.И., Кривошеев С.В., Резников С.С. Разработка механизма лучезапястного сустава антропоморфного протеза // Материалы XXVIII Международной инновационно-ориентированной конференции молодых ученых и студентов (МИКМУС - 2016) сборник трудов конференции. 2017. С. 216-218.

6. Новиков Ю.В., Ключевский В.В., Пшениснов К.П., Ходжабагян З.С. Реплантиция и трансплантиция как методы восстановления отчлененной конечности или ее сегментов // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2016. Т. 19. № 2. С. 63-73.

7. Агеева У.О., Агеева В.Г., Барский А.Б. Бионическое интеллектуальное протезирование конечностей и логические нейронные сети // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 5. С. 379-386.

8. Масленников С.О., Головаха М.Л., Черный В.Н. Изучение степени интеграции мягких тканей в элементы из углерод-углеродного композитного материала в зоне перехода внутренней и наружной среды при имплантации эндо-экзопротезов // Травма. 2017. Т. 18. № 1. С. 39-44.

9. Межведомственный комплексный план мероприятий (дорожная карта) по вопросам организации инклюзивного образования и создания специальных условий для получения образования детьми с ограниченными возможностями здоровья и инвалидностью в курской области на 2015-2017 годы (в сокращении) // Научно-методический журнал Педагогический поиск. 2015. Т. 1. № 6. С. 5-14.

10. Замилацкий Ю.И., Курдыбайло С.Ф., Гайнуллина Р.Р., Чекушина Г.В. Технология протезирования, сокращающая время и трудозатраты на изготовление протезов верхних конечностей // 3-й Азиатско-Тихоокеанский конгресс по военной медицине материалы конгресса. 2016. С. 169-170.

11. Горячева О.Е., Горячев Е.А. Актуальные вопросы технологии экономической эффективности производства заготовок из наноструктурных материалов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. 2017. Т. 17. № 2. С. 127-131.

12. Березняк А.Е. Моделирование и прототипирование протеза верхней конечности // Материалы Межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов им. Е.В. Арменского Материалы конференции. 2017. С. 110-111.