

УДК 617

***ОБОСНОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 3D ПЕЧАТИ В  
ПРОТЕЗИРОВАНИИ***

***Кузнецов А. А.***

*Старший преподаватель кафедры «Теплоэнергетических систем»  
ФГБОУ ВО Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,  
Россия, г. Саранск*

***Миндров К. А.***

*Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры  
«Теплоэнергетических систем»  
ФГБОУ ВО Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,  
Россия, г. Саранск*

***Панов А. В.***

*Инженер-лаборант по электрическим испытаниям  
ООО «Испытательный Центр «Оптикэнерго»,  
Россия, г. Саранск*

***Аннотация***

В статье обосновывается применение 3D технологий для изготовления протезов конечностей, а также приводятся минимально необходимые требования к технологии 3D печати. Применение данной технологии позволяет значительно снизить стоимость основных заменяемых элементов и предоставляет возможность их самостоятельного изготовления.

**Ключевые слова:** биомеханический протез, 3D технологии, 3D принтер, параметры печати.

***SUBSTANTIATION OF MODERN 3D PRINTING TECHNOLOGIES  
IN PROSTHETICS***

***Kuznetsov A. A.***

*Senior lecturer of the Department of "Thermal Power Systems"*

*National Research Mordovia State University,*

*Saransk, Russia*

***Mindrov K. A.***

*Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of the Department of "Thermal Power Systems"*

*National Research Mordovia State University,*

*Saransk, Russia*

***Panov A.V.***

*Electrical Testing laboratory Engineer*

*LLC "Test Center "Optikenergo",*

*Russia, Saransk*

### **Annotation**

The article substantiates the use of 3D technologies for the manufacture of limb prostheses, and also provides the minimum necessary requirements for 3D printing technology. The use of this technology makes it possible to reduce the cost of the main replaceable elements and makes it possible for them to independently.

**Keywords:** biomechanical prosthesis, 3D technologies, 3D printer, print parameters.

Как показывает анализ официальных статистических данных [1], в современном мире насчитывается примерно 12% людей, имеющих какие-либо нарушения с опорно-двигательной системой. Данные нарушения препятствуют физической активности человека, затрудняют его социальную жизнедеятельность и препятствуют реализации его профессиональной деятельности в полном объеме. Количество таких людей с каждым годом только увеличивается более чем на 50 миллионов человек. Из этого числа 300 тысяч случаев приходится на потерю ног, 390 тысяч на потерю рук [2, 3]. В

тоже время стоит отметить, что среди наиболее востребованных и соответственно быстро развивающихся технологий, являются технологии биомедицины. В системе здравоохранения активно применяются робототехника, сенсоры, искусственный интеллект, 3D печать. Такие технологии не могут ограничиваться, например, только протезами руки. Биомеханический протез с возможностью тактильной связи, даёт возможность получить осязательные ощущения удалённо, без личного присутствия, для выполнения не только медицинских операций, но и самых различных технологических операций.

Несмотря на большой прорыв в медицине большая часть людей, нуждающихся в протезировании, использует обычные тяговые протезы. Они не являются полностью функциональными, могут принимать только несколько положений. В отличие от них бионические протезы имеют большее число хватов, что позволяет выполнять большой спектр сложных действий, обеспечивающих различные жизненно необходимые функции от приёма пищи и жидкости до работы на компьютере, при этом благодаря регулированию силы сжатия пальцев пользователь может удерживать в руке мелкие предметы не повреждая их. Это реализовано с помощью специализированных датчиков, получающих данные с мышц человека [5, 6, 7]. Однако основным сдерживающим фактором массового применения данного вида протезов являются большая стоимость для среднестатистического покупателя. Существующие в настоящее время на рынке бионические протезы имеют диапазон цен от 5 до 50 тысяч долларов, что практически недоступны для среднестатистической российской семьи.

При создании протезов конечностей особое значение имеют исполнительный механизм и система управления. В последнее время стоимость необходимого оборудования постепенно снижается, электродвигатели становятся все более мощными и надежными, многие элементы можно изготовить в домашних условиях на 3D принтере. Благодаря

довольно низкой стоимости 3D-принтеров (бюджетный вариант можно приобрести примерно за 300 долларов США) 3D-печать уже достаточно широко используется.

Использование 3D-печати для создания элементов протеза имеет ряд колоссальных преимуществ – это и индивидуальная разработка деталей для каждого конкретного человека с учетом его анатомических особенностей, а также их быстрое производство с возможностью их замены.

Изготовление элементов протеза проводилось в лаборатории учебно-научного центра «Мордовский центр энергосбережения» на 3D-принтере (рис.1).

Элементы протеза были напечатаны на 3D принтере марки Anycubic i3 mega-S, в качестве материала использовалась нить из pet-g пластика шириной 0,75 мм, при температуре экструдера 230 °С, скорости печати 50 мм/с и коэффициенте подачи пластика 0,97.

Использование данной технологии позволило в несколько раз уменьшить себестоимость протеза, снизились продолжительность изготовления и энергозатраты на производство.



Рисунок 1 – Процесс изготовления элементов протеза на 3D-принтере

Таким образом применение современных и все более доступных 3D технологий позволяет изготовить основные элементы протеза в домашних условиях. Постоянное снижение стоимости 3D принтеров и повышение качества их печати обеспечивает дальнейшее совершенствование и увеличение надежности готового изделия. Что особенно важно для детей с растущим организмом, т.е. постоянно меняющейся физиологией. Таким образом стоимость готового изделия в итоге снижается до нескольких сотен долларов.

### **Библиографический список**

1. Оксенюк Д.Н., Черноус Д.А. Минимизация сил и моментов в биомеханической модели конечностей человека // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки. 2014. № 8. 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. Роль дуплексной флоуметрии в оценке состояния тканей нижней конечности у пациентов с хронической ишемией нижних конечностей // Сердце и сосуды. 2014. № 3. С. 83-88.

4. Рудьковский Д.Н., Кан Д.В. Анализ рынка современных бионических протезов // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (Томск, 04-07 декабря 2017 г.). Томск: Издательство: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2017. С. 272-273.

5. Москвитин С.К., Тюхтихов М.В., Алексеев А.А., Корнев Л.Е. Протезирование верхних конечностей тела // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XVIII

Международной научно-практической конференции. Пенза: "Наука и Просвещение", 2018. С. 121-124.

6. 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.

7. 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.

*Оригинальность 77%*