

УДК 621.315.6

**Пахомова Ангелина Андреевна**, магистрант,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения

**Федченко Владимир Григорьевич**,  
кандидат технических наук, доцент,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения

## МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОТЕЗИРОВАНИИ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

**Аннотация.** Проведён анализ шести категорий материалов для протезов верхних конечностей с обоснованием мультиматериального подхода для баланса прочности, массы, гибкости, биосовместимости и комфорта.

**Ключевые слова:** Протезирование верхних конечностей, конструкционные материалы, биосовместимость, углеродное волокно.

Выбор материалов является одним из ключевых факторов при проектировании протезов верхних конечностей, так как он непосредственно определяет такие критически важные характеристики, как механическая прочность, долговечность, масса изделия, гибкость конструкции и биосовместимость с тканями пользователя. Для систематизации многообразия используемых материалов в таблице 1 они разделены на шесть основных категорий в соответствии с их функциональным назначением: конструкционные и каркасные материалы, отвечающие за несущую способность; мягкие материалы интерфейса, обеспечивающие комфортное взаимодействие с культей; материалы розеток, формирующие посадочное место; материалы функциональных компонентов, реализующие подвижность и управление; косметические покрытия, придающие эстетичный внешний вид; а также сенсорные и электронные материалы, позволяющие интегрировать системы осязания и обратной связи. Каждая из этих групп играет строго определенную роль в обеспечении общей эффективности протезной системы, комфорта пользователя и успешности ее повседневного использования.

Таблица 1

Материалы, используемые в протезировании верхних конечностей

Категория	Материал	Основные свойства	Общие области применения
Конструкционные и каркасные	Алюминий	Легкий, устойчивый к коррозии	Механические компоненты, каркасы
	Титан	Легкий, прочный, долговечный	Высоконагруженные конструкции, соотношение прочности к весу
	Акриловая смола	Прочный, настраиваемый	Формирование жестких гнезд, косметические покрытия



	Полипропилен	Легкий, легко формуемый	Гнезда для гибких компонентов, конструкционные элементы
	Нержавеющая сталь	Высокая прочность, износостойкость	Петли, запорные механизмы, силовые элементы
	Стальные сплавы	Высокая прочность, долговечность	Конструкционные элементы высокой надежности
	Углеродное волокно	Высокое соотношение прочности к весу, жесткость	Усовершенствованные протезы, каркасы высокой прочности
	Поликарбонат	Ударопрочный, легкий	Конструкционные элементы, жесткие гнезда
	Современные полимеры (DELRIN)	Высокая прочность, стабильность размеров	Механические компоненты, втулки, шарниры
<b>Мягкие материалы интерфейса</b>	Силикон	Гибкий, долговечный, приятный для кожи	Протезные вкладыши, мягкие гнезда, косметические покрытия
	Термопластичные эластомеры (TPE)	Мягкий, растягивающийся, легкий	Вкладыши, мягкие гнезда
	Гелевые вкладыши	Обеспечивают амортизацию, уменьшают трение	Между кожей и протезным гнездом, комфортный интерфейс
<b>Функциональные компоненты</b>	Пластик и металлические сплавы	Вариативно в зависимости от состава	Запорные механизмы, соединительные элементы
	Медь и серебро	Высокая электропроводность	Сенсорные системы, проводящие элементы
<b>Сенсорные и электронные</b>	Литий-ионные аккумуляторы	Высокая энергоемкость, перезаряжаемость	Электропитание активных протезов, сенсорных систем

Вывод: Анализ материалов, применяемых в протезировании верхних конечностей, показывает, что их выбор определяется балансом между прочностью, массой, гибкостью и биосовместимостью. Металлы – алюминий, титан, нержавеющая сталь и стальные сплавы – обеспечивают конструкционную надежность, несущую способность и долговечность механических компонентов, причем титан и углеродное волокно выделяются оптимальным соотношением прочности к весу для высокофункциональных систем. Полимерные материалы – акриловая смола, полипропилен, поликарбонат и современные полимеры (DELRIN) – используются для формирования жестких и гибких гнезд, а также прецизионных деталей



благодаря легкости, технологичности и стабильности свойств. Мягкие интерфейсные материалы – силикон, термопластичные эластомеры (ТРЕ) и гелевые вкладыши – играют критическую роль в обеспечении комфорта пользователя, амортизации и равномерного распределения давления между культей и протезным гнездом. Таким образом, современное протезирование требует мультиматериального подхода, при котором каждый компонент системы – от силовой конструкции до интерфейсного слоя и сенсорных элементов – оптимизируется из специализированного материала для достижения максимальной функциональности, надежности и комфорта пользователя.

*Список литературы:*

1. Бушков, В.И. Протезирование конечностей: конструкционные материалы и технологии / В.И. Бушков, А.Н. Кузнецов. – Москва: Медицина, 2019. – 248 с.
2. ГОСТ Р 54421-2011. Средства реабилитации инвалидов. Протезы верхних конечностей. Технические требования. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 21 с.
3. Ершов, С.В. Применение композитных материалов в биотехнических системах / С.В. Ершов // Биотехносфера. – 2020. – № 4. – С. 34–42.
4. Иванов, А.А. Биосовместимые полимеры в протезировании / А.А. Иванов, Е.П. Смирнова // Материаловедение. – 2021. – Т. 27, № 3. – С. 56–63.
5. Козлова, Т.В. Современные углеродные волокна для медицинских имплантатов / Т.В. Козлова // Композиты и наноструктуры. – 2022. – № 1. – С. 15–22.
6. Международная классификация функциональности, ограничений жизнедеятельности и здоровья: МКФ. – Женева: ВОЗ, 2017. – 198 с.
7. Харитонов, Д.В. Мультиматериальный подход в проектировании протезных систем / Д.В. Харитонов // Вестник биомеханики. – 2021. – № 2. – С. 45–51.

