

Гигиеническое обоснование безопасной биологической обратной связи на основе вибрационной чувствительности предплечья у здоровых молодых людей

Лаптева Ю.В., Азатян А.С.

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России (Пироговский университет), г. Москва

Введение: применение биологической обратной связи как технологии адаптации к использованию протезов при ампутации конечностей позволяет повысить эффективность социального функционирования пациентов . Идея применения биологической обратной связи состоит в том, чтобы воссоздать часть сенсорной информации искусственно. Испытуемому в реальном времени показывают какой-то физиологический показатель (в нашем случае - вибрационный сигнал), и он учится на него реагировать.

Цель исследования: гигиеническое обоснование безопасной биологической обратной связи на основе вибрационной чувствительности предплечья у молодых здоровых людей для возможного использования для изготовления протезов.

Материалы и методы: авторами исследования была разработана и собрана конструкция, содержащая готовые имеющиеся в продаже сертифицированные элементы. Технические характеристики конструкции с вибромоторчиками - конструкция представляет собой соединённые между собой ручную детали, которые имеются в свободной продаже и состоит из следующих элементов: транзистор NPN, биполярный, 40 В, 600 мА, 625 мВт, ТО92; вибромоторчики - тип двигателя: бесколлекторный с насадкой; беспаячная макетная плата (breadboard) 400 точек, для Arduino STM32 NodeMCU Raspberry; набор 3 мм светодиодов ; резистор 1 Ком 0,25 Вт.

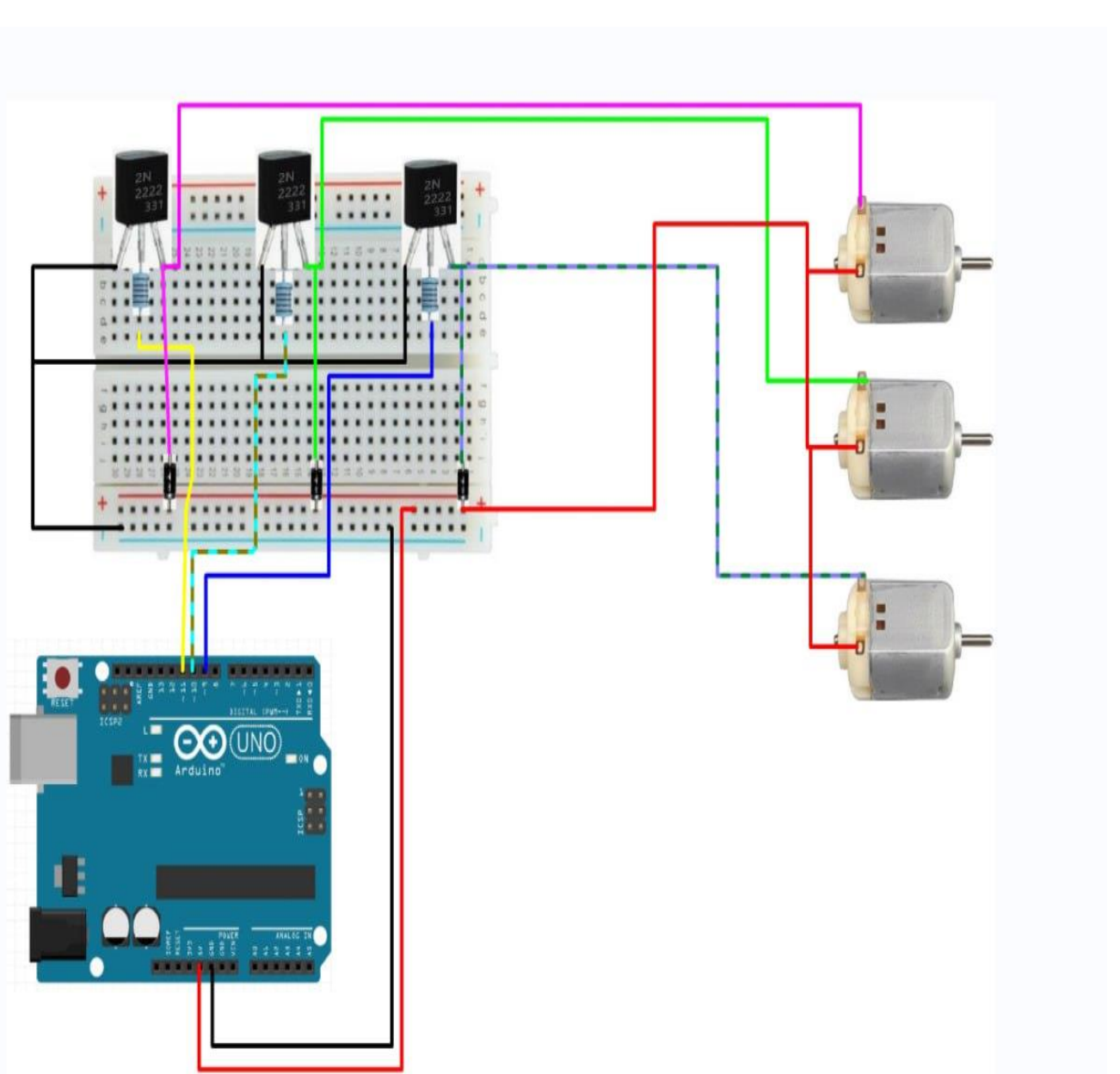


Схема собранных элементов

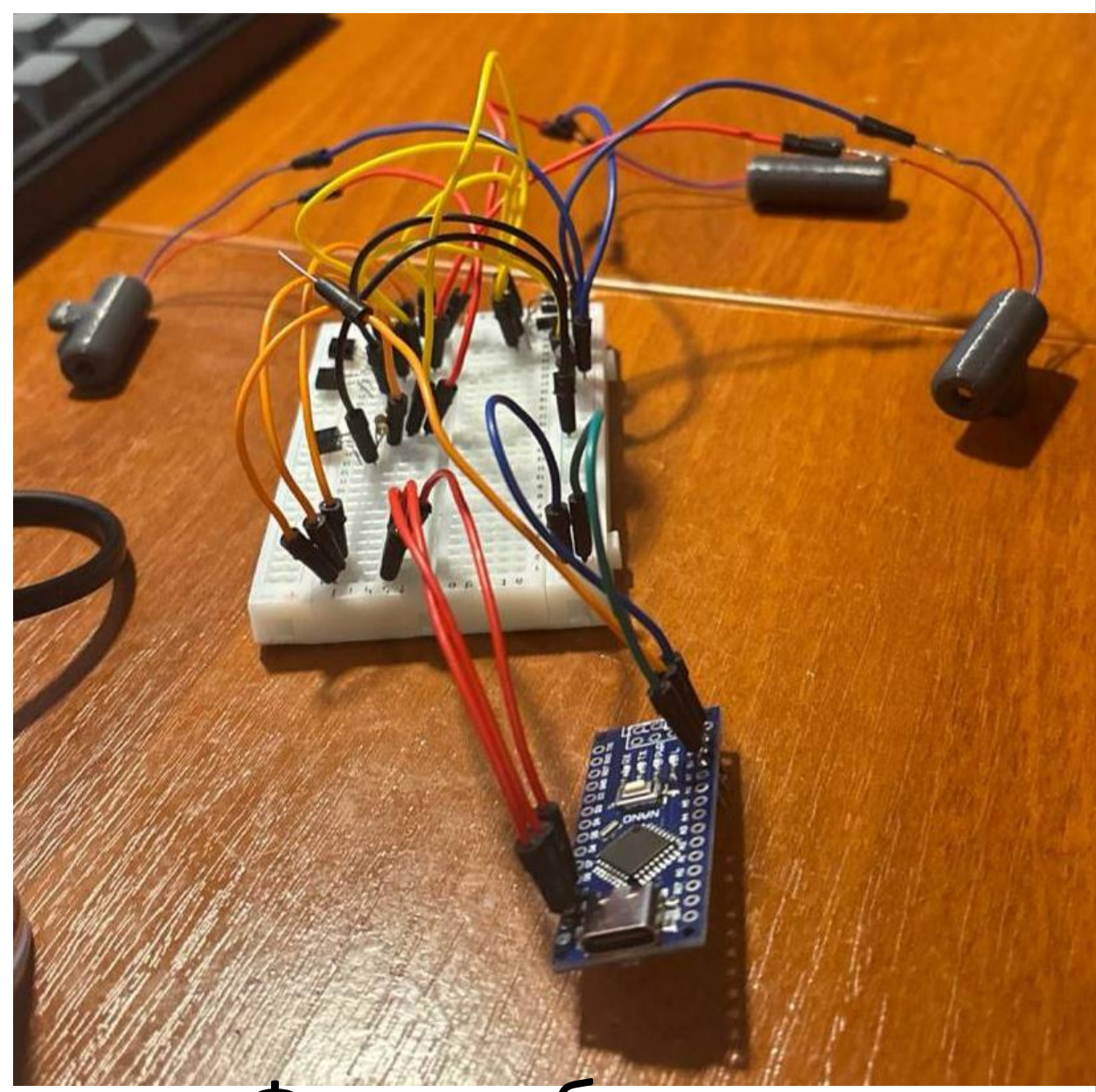


Фото собранных элементов

Проведённое исследование сопровождалось получением добровольного информированного согласия и не нарушало требований биомедицинской этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России № 254 от 20.10.2025 г.

Всего обследовано 10 испытуемых (средний возраст составил $20,5 \pm 0,5$ лет), в том числе 5 юношей и 5 девушек, которые являлись студентами медицинского вуза и выступили в качестве добровольцев. Критериями исключения явилось наличие хронических заболеваний, в том числе кожи и подкожной жировой клетчатки.

Статистическая обработка осуществлялась с помощью Microsoft Excel 15.0 (95%, $p < 0,05$). Достоверных возрастно-половых различий выявлено не было.

Результаты: Полученные результаты представлены в таблице «Результаты исследования вибрационной чувствительности предплечья у здоровых молодых людей, (Ме, баллы)»

Комбинация стимулов	Интенсивность воздействия по оценке испытуемого (0-3)	Комфорт по оценке испытуемого (0-3)	Качественные ощущения испытуемого
60 мс + слабая (62,5 мА)	1,6	2,3	Вибрация
100 мс + средняя (100 мА)	2,4	2,7	Вибрация, или вибрация и давление
140 мс + сильная (167 мА)	2,7	2,0	Вибрация, <u>покалывание</u>

Результаты исследования показали, что наиболее комфортным для реализации биологической обратной связи явился «средний» режим, когда сочеталось средняя длительность воздействия со средней интенсивностью воздействия - 100 мс + средняя (100 мА). При этом испытуемые отмечали комфортное ощущение, которое позволяло чётко ощущать вибрацию или давление и не вызывало дискомфорта.

По данным ряда публикаций, протезы верхних конечностей часто снимают. Отказ от протеза связан с ослаблением чувства телесности. Если протез не вызывает чувства телесности, пользователи с меньшей вероятностью будут считать его полезным. В настоящее время биологическая обратная связь - единственный способ, с помощью которого большинство пользователей протезов могут контролировать свои действия.

Выводы: Результаты исследования показали, что наиболее комфортным для реализации биологической обратной связи явился «средний» режим, когда сочеталось средняя длительность воздействия со средней интенсивностью воздействия.