

07, июль 2017

УДК 616-008.2

Прибор для оценки функциональной подготовленности хоккеистов

*Кузякина И.А., бакалавр
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Медико-технические информационные технологии»*

*Научный руководитель: Кобелев А.В., ассистент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Медико-технические информационные технологии»
ak@bmstu.ru*

Функциональная подготовленность спортсменов – это относительно установившееся состояние организма, интегрально определяемое уровнем развития ключевых для данного вида спортивной деятельности функций и их специализированных свойств, которые прямо или косвенно обуславливают эффективность соревновательной деятельности. Для её оценки используют методику, разработанную в Федерации хоккея России – тест «фартлек на велоэргометре». Методика «фартлек» представляет собой функциональную пробу, основанную на достижении спортсменом максимальной мощности мышечной нагрузки в пяти сериях по 45 сек, при которой частота сердечных сокращений (ЧСС) повышается до 200 ± 5 уд/мин, с последующими паузами восстановления по 90 сек, в течение которых ЧСС должна достигать 125 ± 5 уд/мин [1].

Прибор для оценки функционально подготовленности должен измерять частоту сердечных сокращений (ЧСС) и частоту дыхания (ЧД) в режиме реального времени в условиях стадиона. Применение разрабатываемого прибора в тренировочном процессе позволит для хозяина клуба получить контрольно-ревизионную информацию об эффективности работы как всего клуба, так и каждого спортсмена с учетом состояния её физического здоровья, профессиональных навыков и психологической мотивации, для тренера – оперативную информацию о том, насколько профессиональные спортсмены в игровых видах спорта соответствуют друг - другу по скоростно – силовым качествам [5].

Зарубежными аналогами прибора для оценки функциональной подготовленности хоккеистов являются системы PolarM400 и ZephyrBioHarness [5]. В настоящее время ZephyrBioHarness является единственным датчиком, который обеспечивает регистрацию и ЧСС, и ЧД, однако он не чувствителен к задержкам дыхания. Основной недостаток

аналога PolarM400 – не регистрируется ЧД. Методика оценки ЧСС у обоих аналогов происходит по ЭКГ, а ЧД (только у ZephyrBioHarness) – по вариабельности сердечного ритма, что некорректно при высоких физических нагрузках в условиях нестабильного дыхания, которые испытывают спортсмены. Анализ полученных данных при таких условиях в режиме реального времени будет крайне затруднительным. Однако следует отметить, что приведенные аналоги обеспечивают эффективную регистрацию динамики сердечного ритма. Расположенные на внутренней стороне поясов электроды регистрируют электрическую активность сердца с поверхности грудной клетки. ЧСС определяется как расстояние между пиками R на ЭКГ (R-R интервал).

В рамках данной работы предлагается новый подход оценки ЧСС в носимых приборах – метод электроимпедансной реографии. Особенность метода заключается в возможности определения значений ЧСС по реограмме с головы спортсмена.

В экспериментах использовалась тетраполярная система наложения электродов. Расстояние между токовыми электродами определяет глубину зондирования [4]. Оптимальное отношение расстояний между измерительными электродами и между токовыми электродами находится в диапазоне от $1/3$ до $1/2$. Ширина прибора выбирается исходя из условия, чтобы проектируемый прибор помещался на голове спортсмена, не причиняя дискомфорт при тренировочных нагрузках – в среднем 40 мм.

Для регистрации сигналов использовался двухканальный реограф «Статус-А» (разработка НИИ БМТ, 2017 год (см. рис. 1):

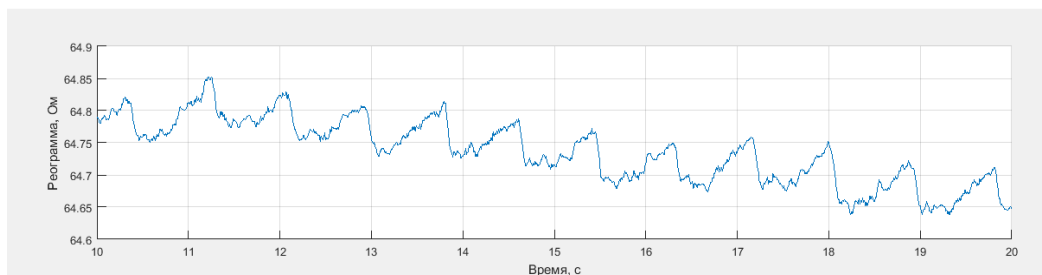


Рис. 1. Зарегистрированная с головы добровольца реограмма на двухканальном реографе

На рис. 2 приведена схема биотехнической системы (БТС) прибора.

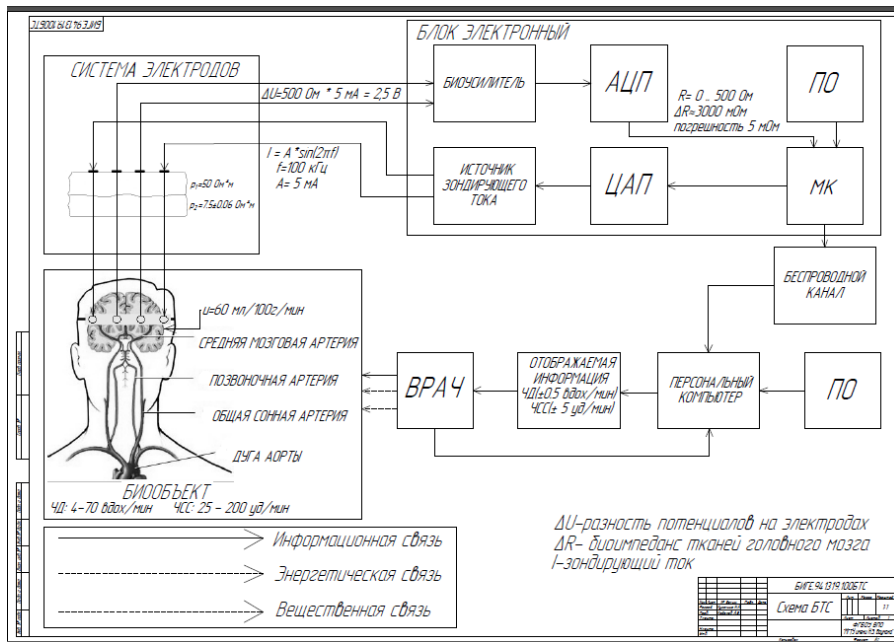


Рис. 2. БТС прибора для оценки функциональной подготовленности хоккеистов

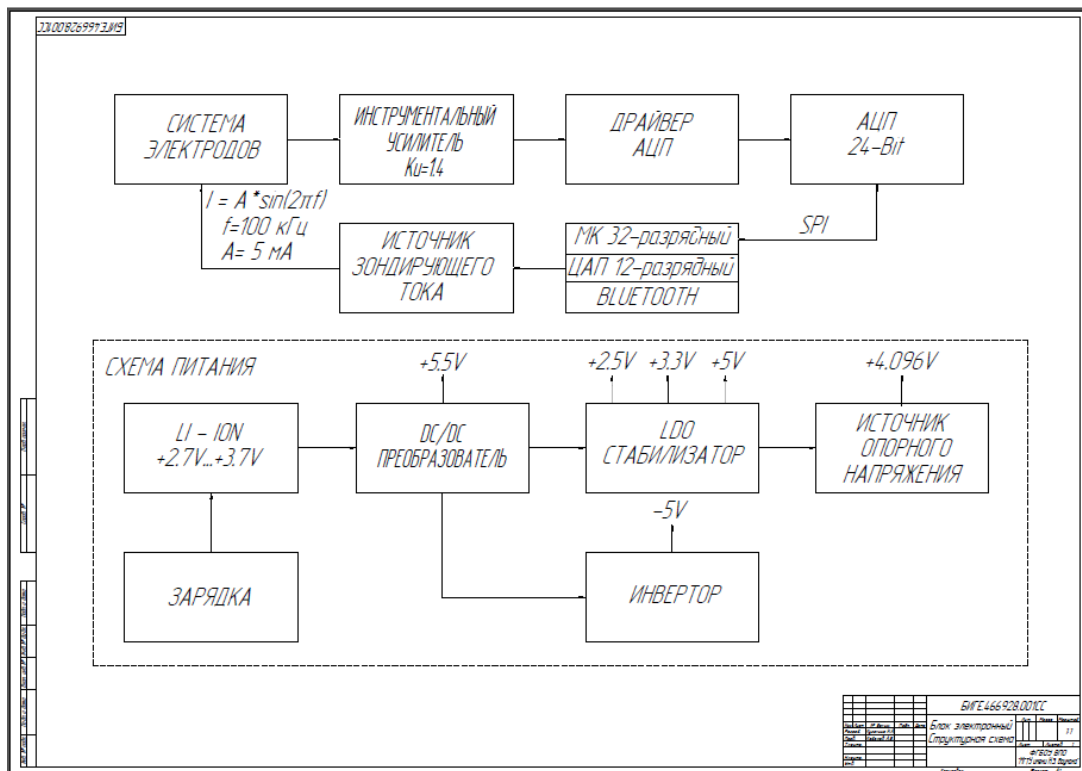


Рис. 3. Структурная схема прибора для оценки функциональной подготовленности хоккеистов

Прибор для оценки функциональной подготовленности хоккеистов регистрирует пульсовые колебания электрического сопротивления биообъекта (БО), которые зависят от кровенаполнения исследуемой области. В снимаемом сигнале присутствуют отклик от генератора зондирующего тока, высокая синфазная составляющая, амплитудой около 2,5 В и напряжение поляризации 300 мВ, которое связано с накоплением избытка ионов в области контакта электрода с кожей вследствие электрохимических процессов [2,3]. Для того чтобы избавиться от высокой синфазной составляющей, применяют инструментальный усилитель на 3-х операционных усилителях, который имеет высокое входное сопротивление, а, следовательно, низкие входные токи, и высокий коэффициент ослабления синфазной составляющей (КОСС). Высокий входной импеданс не вносит дополнительных искажений в исследуемый сигнал. Инструментальный усилитель состоит из 2-х каскадов: 1-ый каскад усиливает дифференциальный сигнал в максимальное количество раз, 2-й каскад обеспечивает подавление синфазной помехи и усиливает сигнал в 1 раз. Коэффициент усиления рассчитывается исходя из известного диапазона входного напряжения АЦП. Далее сигнал поступает на драйвер АЦП, который имеет в составе антиалайзинговый фильтр, ограничивающий диапазон частот, устанавливающий амплитуду напряжения подаваемого сигнала в рабочий диапазон АЦП, а также преобразовывающий биполярный недифференциальный сигнал в сигнал дифференциальный униполярный, который требуется подать на вход АЦП. Система аналого-цифрового сбора данных основана на одноканальном 24-разрядном АЦП LTC2380-24 фирмы LinearTechnology, на котором происходит синхронное детектирование. Данная система сообщается по SPI интерфейсу с модулем беспроводной связи (МБС), состоящем из микроконтроллера, Bluetooth и ЦАП. МБС принимает и передает данные, управляет работой АЦП на расстоянии, так как дальность действия составляет 200 метров. Микроконтроллер (МК) в составе МБС 32-разрядный. В составе ЦАП имеется 1 канал для управления источником зондирующего тока, генерирующий сигнал синусоидальной формы частотой 100 кГц амплитудой 5 мА, который пропускается через БО. Прибор в своем составе имеет разъём для подзарядки. С целью обеспечения требований по электробезопасности он сделан на той же стороне, где расположены электроды, поэтому нельзя одновременно заряжать и пользоваться прибором.

Основные технические характеристики

Параметры	Значение
Количество каналов	1
Количество токовых электродов [2,3]	2
Количество измерительных электродов [2,3]	2
Диапазон измеряемых сопротивлений	0...500 Ом
Погрешность регистрации сопротивления	± 5 мОм
Зондирующий ток	5 мА $\pm 0,001$ мА; 100 кГц
Время автономной работы [5]	До 8 часов
Вес	Не более 50 грамм
Габаритные размеры датчика	60 мм*40 мм*20 мм
Диапазон регистрации ЧСС [1]	25-200 уд/мин
Погрешность измерения ЧСС	± 5 уд/мин

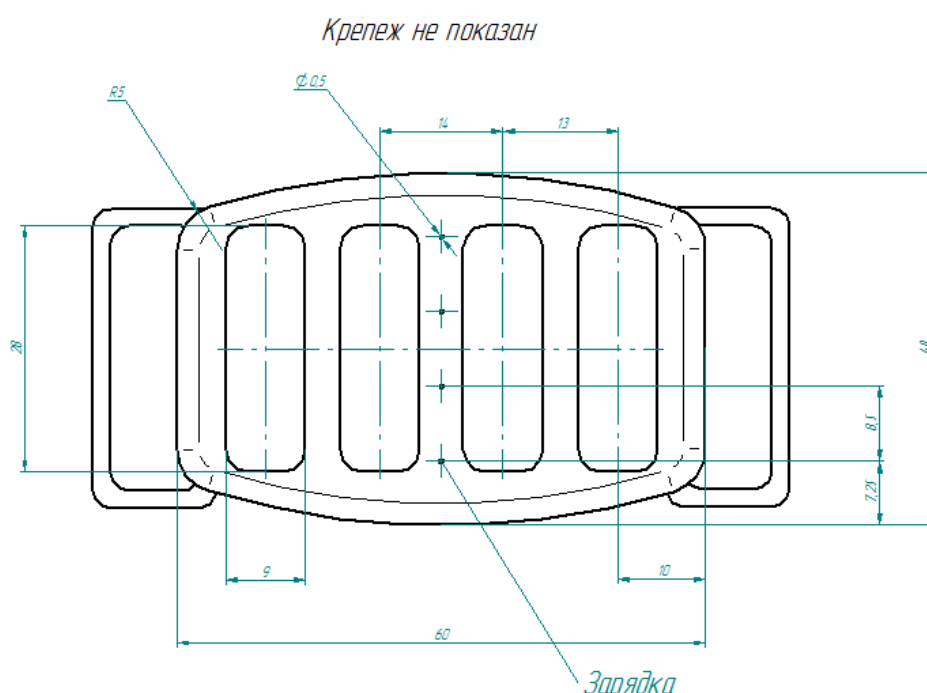


Рис. 4. Общий вид прибора для оценки функциональной подготовленности хоккеистов

Таким образом, разрабатываемый прибор позволит более удобно и с меньшими артефактами, за счет прилегания к голове, оценить уровень функциональной

подготовленности спортсменов на тренировках в условиях спортивной арены. Полученные реальные сигналы изменения электрического импеданса с головы позволят разработать эффективные алгоритмы определения ЧСС и ЧД.

Список литературы

- [1]. Урюпин Н.Н., Савостьянов В.В., Алехнович А.В. Общая и специальная подготовленность хоккеистов: методическое руководство для тренеров национальных сборных команд / под ред. В.А. Третьяка. Режим доступа: http://old.fhr.ru/common/upload/OiSFPKh_text.pdf (дата обращения 27.06.2017).
- [2]. Лоцилов В.И., Щукин С.И., Иванцов В.И. Принципы анализа и синтеза биотехнических систем. М.: МВТУ, 1988. 63 с.
- [3]. Лоцилов В.И., Щукин С.И. Принципы анализа и синтеза биотехнических систем. М.: МВТУ, 1987. 67 с.
- [4]. Ершов Ю.А. Основы анализа биотехнических систем. Теоретические основы БТС: учеб. пособие / Ю.А. Ершов, С.И. Щукин. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 526 с.
- [5]. Кузнецов А.А., Корельская И.Е. Методы контроля функциональной подготовленности лыжников-гонщиков (международная научная электронная студенческая конференция). Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2015/799/13352> (дата обращения 27.06.2017).