

ствии отсутствия разрешающих сигналов на выходах микроконтроллеров. Такая ситуация возможна в случае пробоя всех коммутирующих элементов ключей К1 и К2 и одновременном включении реверсирующего ключа. Пробой коммутирующих элементов реверсирующего ключа РК является защитным, так как приводит к межфазному замыканию и перегоранию предохранителей  $FU1, FU2$ . Применение двух последовательно соединенных силовых ключей позволяет уменьшить вероятность появления опасного отказа в рабочей цепи. Накопление отказов в рабочей цепи исключается путем постоянного контроля состояния силовых ключей.

Таким образом, схема управления стрелочным электроприводом может быть реализована на полупроводниковых коммутирующих приборах без применения электромагнитных реле первого класса надежности. Переход от релейной схемы управления стрелочным электроприводом к бесконтактному микропроцессорному модулю позволит сократить занимаемое устройствами МПЦ пространство, уменьшить общую металлоемкость и стоимость МПЦ, а также уменьшить время устранения неисправностей за счет применения самодиагностики.

УДК 681.3

## АПРОБАЦИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО СРЕДСТВА «СПАС» БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СПОРТСМЕНОВ

Ю. Г. КУЗЬМИНСКИЙ, С. В. ШИЛЬКО

*Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси, г. Гомель*

М. В. БОРИСЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Биомеханика является основой новых методов и технических средств изучения важнейших систем организма, к числу которых относится сердечнососудистая система. В этой связи востребованы программно-аппаратные средства биомеханической диагностики и мониторинга, в том числе в ходе спортивных тренировок и соревнований с минимальными ограничениями подвижности спортсмена. О сложности задачи свидетельствует список основных контролируемых показателей гемодинамики, приведенный в таблице 1.

Таблица 1 – Основные определяемые параметры

Показатель и единица измерения	Интервальные и средние значения	Показатель и единица измерения	Интервальные и средние значения
Нагрузка, кДж	$L \in [4-6-120]$	Скорость пульсовой волны, см/с	$C_v \in [300-500-900]$
Частота сердечных сокращений, мин <sup>-1</sup>	$F_{cc} \in [30-60-250]$	Содержание гемоглобина, г/л	$Hb \in [80-150-200]$
Систолическое давление, мм рт. ст.	$P_{max} \in [40-120-250]$	Кинематическая вязкость крови, сСт	$\eta \in [1,9-5-12]$
Диастолическое давление, мм рт. ст.	$P_{min} \in [30-80-130]$	Параметр аритмии, %	$pnn50 \in [5-15-40]$
Систолический объем, л	$V_{sys} \in [0,03-0,08-0,25]$	Коэффициент интегральной тоничности, %	$KIT \in [50-75-92]$
Индекс аугментации	$AI \in [50-75-92]$	Индекс отражения	$RI \in [50-75-92]$

Исходя из специфики применения в спорте, аппаратное средство расширенной тонометрии при достаточной точности и чувствительности должно быть мобильным и устойчивым к термосиловым воздействиям, а также допускать телеметрию. Исполнение прибора зависит от требуемой степени автономности (стационарный либо мобильный варианты). В стационарном исполнении для регистрации значений артериального давления пригодна манжета Рива-Роччи. В настоящий момент в ИММС НАНБ проходит тестирование специализированное программно-аппаратное средство «СПАС», включающее полуавтоматический тонометр LD-1, тензостанцию SL32 с беспроводной передачей данных и программное обеспечение диагностики.

Основной задачей исследования является разработка критериев определения состояния сердечнососудистой системы спортсмена с учетом его специализации и квалификации.

Проводились процедуры регулярного мониторинга состояния студентов группы общей физической подготовки и тестирование 10 спортсменов БелГУТа различных специализаций и квалификации. Применялся стандартный нагрузочный тест с замером параметров на 4 этапах: «покой», сразу после «нагрузки», на 3-й и 5-й минутах «восстановления». Достоинством разрабатываемого средства является восстановление профиля давлений в течение отдельного кардиоинтервала (периода среднего тонометрического давления в манжете), определение коэффициентов и его сопоставление с профилем характерного функционального отклонения или кардиозаболевания.

Проведенный биомеханический анализ и обработка данных тестирования с отладкой алгоритма программы показал высокие адаптационные возможности основной части спортсменов диагностируемой группы, причём результаты нагрузочного теста значительно отличались для спортсменов более высокой квалификации. Вместе с тем, данные диагностики одного из спортсменов (рисунки 1, 2 и таблица 2) позволили выявить признаки атеросклероза сосудов.

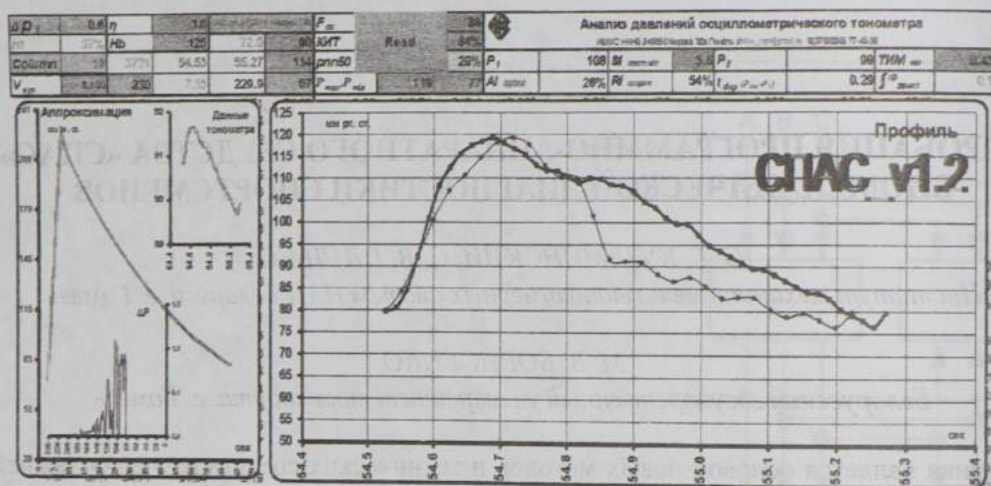


Рисунок 1 – Результаты диагностики в состоянии «покой»

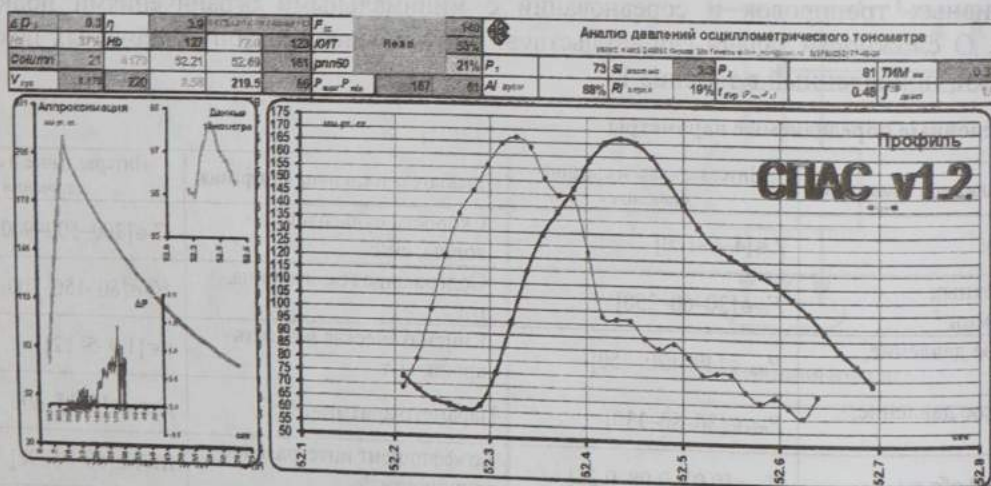


Рисунок 2 – Результаты диагностики в состоянии «нагрузка»

Таблица 2 – Сводные результаты тестирования

Состояние	$F_{cc}$	$P_{макс}$	$P_{мин}$	$KIT$	$pnn50$	$C_v$	$Hb$	$\eta$	$AI$	$RI$	$V_{ср}$
Покой	86	119	77	84	28	5,5	125	3,8	26	54	100
Нагрузка	140	167	61	53	21	3,3		3,9	88	19	178
Восстановление 3	150	121	61	59	33	10		3,1	12	26	92
Восстановление 5	132	106	64	76	42	8,3		3,3	25	44	80

Таким образом, разработанное программно-аппаратное средство «СПАС» позволяет оперативно и с высокой степенью достоверности оценивать степень подготовки и адаптационные возможности спортсменов.