

А. В. Сомов, А. И. Нефедьев

**ВЕЛОТРЕНАЖЕР С КОНТРОЛЕМ СОСТОЯНИЯ
ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ТРАВМ**

Волгоградский государственный технический университет

direktor7033@mail.ru, nefediev@rambler.ru

Автор, ответственный за переписку:

Александр Викторович Сомов, direktor7033@mail.ru

В статье приводятся результаты разработки велотренажера с устройством контроля состояния пациента при тренировке. Приведены структурная схема и принцип его работы, а также показан внешний вид макета устройства контроля на основе электрокардиографа. Предложены значения нагрузок по этапам курса велокардио-реабилитации. Показано, что использование велотренажера с устройством контроля состояния пациента могут повысить эффективность тренировок.

Ключевые слова: велотренажер, электрокардиограф, велоэргометр, индикатор, тренировка

A. V. Somov, A. I. Nefed'ev

**EXERCISER BIKE WITH CONDITION CONTROL
FOR REHABILITATION AFTER INJURIES**

Volgograd State Technical University

The article presents the results of the development of an exercise bike with a device for monitoring the patient's condition during training. The block diagram and principle of operation are presented, and the appearance of the layout of the control device based on the electrocardiograph is shown. Load values are proposed for the stages of the cycle-cardio-rehabilitation course. It has been shown that using an exercise bike with a patient monitoring device can improve the effectiveness of training.

Keywords: exercise bike, electrocardiograph, bicycle ergometer, indicator, training

Реабилитация после травм или тяжелых заболеваний является сложным и ответственным процессом. Одна из главных задач – восстановление двигательной активности и работоспособности мышечно-связочного аппарата. С этой целью применяются специальные реабилитационные тренажеры. Одним из наиболее распространенных типов этих изделий является

педальный тренажер, предназначенный для тренировки мышц ног.

Тренажеры являются важным инструментом в реабилитации при различных травмах и заболеваниях. Они позволяют сократить сроки реабилитации, содействуют улучшению кровообращения, повышают тонус мышечного аппарата и снижают мышечные спазмы [1–3].

Цель работы: изучение влияния оптимальной тренировочной программы больных ГБУЗ «ВОКГВВ» после различных операций на нижние и верхние конечности является определенной оптимизация всех адаптационных систем обеспечения, так как многие больные продолжительное время находились на больничной койке в условиях стационара, их двигательная активность была минимальной или же достаточно сильно ограниченной.

При тренировке использован метод эргометрии. Максимальная нагрузка фиксировалась по обнаружению изменений на ЭКГ, при этом тренировка прекращалась. Занятия проводились с 10-х суток после различных операций на велоэргометрах Schiller [4], у которых точность подаваемой нагрузки соответствует требованиям DIN VDE 0750-238, и на мини-велотренажерах Vohbot TT-8003 [5]. Мини-велотренажер Vohbot TT-8003 показан на рис. 1, имеет функцию регулировки нагрузки и очень удобен для восстановления после травм. Конструкция позволяет применять его для тренировки как мышц ног, так и мышц рук.

Для улучшения взаимодействия пациента и велотренажера был разработан кардиограф с блоком сигнализации превышения максимальной нагрузки при тренировке. Основой

электрокардиографа являлась стандартная плата микроконтроллера *STM32F407VGT6* фирмы *STMicroelectronics*, имеющий в своем составе двухканальный 12-разрядный ЦАП [6].



Рис. 1. Мини-велотренажер Vohbot TT-8003

Три электрода подключаются к плате через разъем и крепятся на теле пациента. Примененные электроды окрашены в следующие цвета: электрод 1 (LA, левая рука) – зеленый, электрод 2 (RA, правая рука) – красный, электрод 3 (RL, правая нога) – желтый.

Структурная схема разработанного устройства приведена на рис. 2.

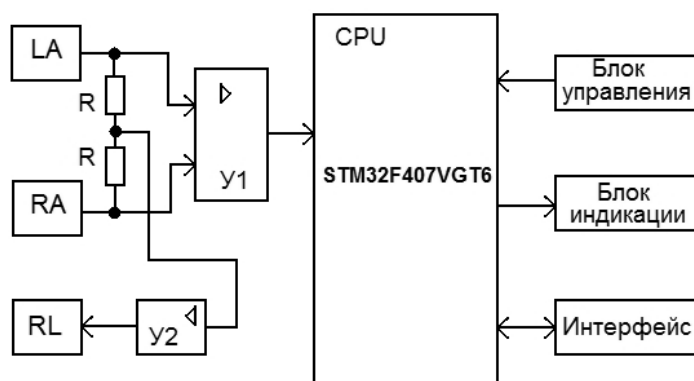


Рис. 2. Структурная схема электрокардиографа

На рис. 3 приведена схема усилителя биопотенциалов электрокардиографа.

Для уменьшения влияния синфазных помех применяются специальные компенсационные схемы. Ввиду сравнительно малого сопротивления тканей человека синфазная помеха на всей его поверхности практически одинакова. Напряжение синфазной помехи снимается с одного или нескольких активных электродов и подается на инвертирующий усилитель U_2 , выход которого подключается к электроду RL на биообъекте.

За счет противофазного подключения компенсирующего напряжения происходит существенное снижение уровня синфазной помехи на входе канала усиления. Качество компенсации определяется значением коэффициента усиления усилителя U_2 .

Основой усилителя биопотенциалов является инструментальный усилитель DA3 типа INA114 с коэффициентом усиления $K_3 = 10$. Для уменьшения влияния помех потенциал экрана отведений RA и LA поддерживается равным среднему значению дифференциального сигнала.

ла, снимаемого с делителя напряжения $R4, R5$. Потенциал экрана усиливается ОУ $DA1$ типа $OPA341$ с коэффициентом усиления K_1 :

$$K_1 = -R2 / R3 = 39$$

и подается на отведение RL . Операционный усилитель $DA2$ также применен типа $OPA341$ и работает в качестве повторителя напряжения.

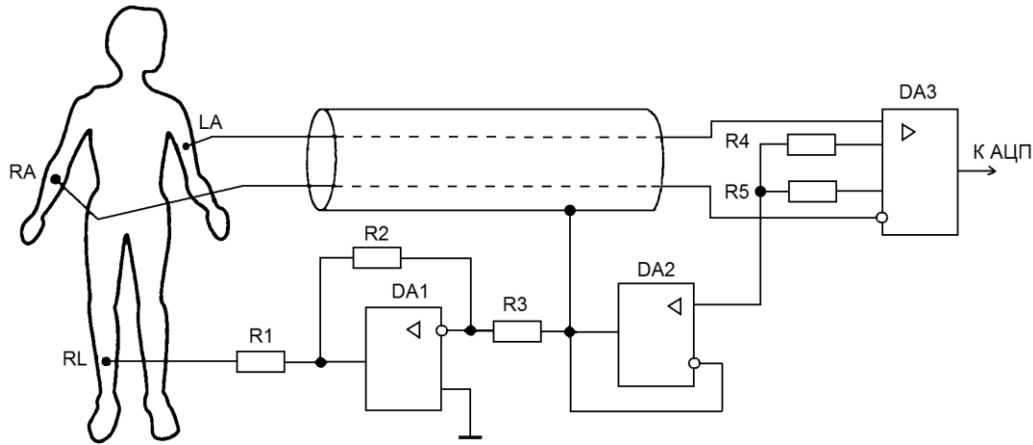


Рис. 3. Схема усилителя биопотенциалов электрокардиографа

Для измерения частоты сердечных сокращений (ЧСС) микроконтроллер $STM32F407VGT6$ измеряет длительность интервала $R-R$ (между ближайшими R -зубцами на ЭКГ). Затем этот интервал пересчитывается в значение ЧСС:

$$\text{ЧСС} = 60 / R - R$$

Среднее значение ЧСС в состоянии покоя составляет 60–80 ударов в минуту.

Блок-схема алгоритма программы микроконтроллера приведена на рис. 4.

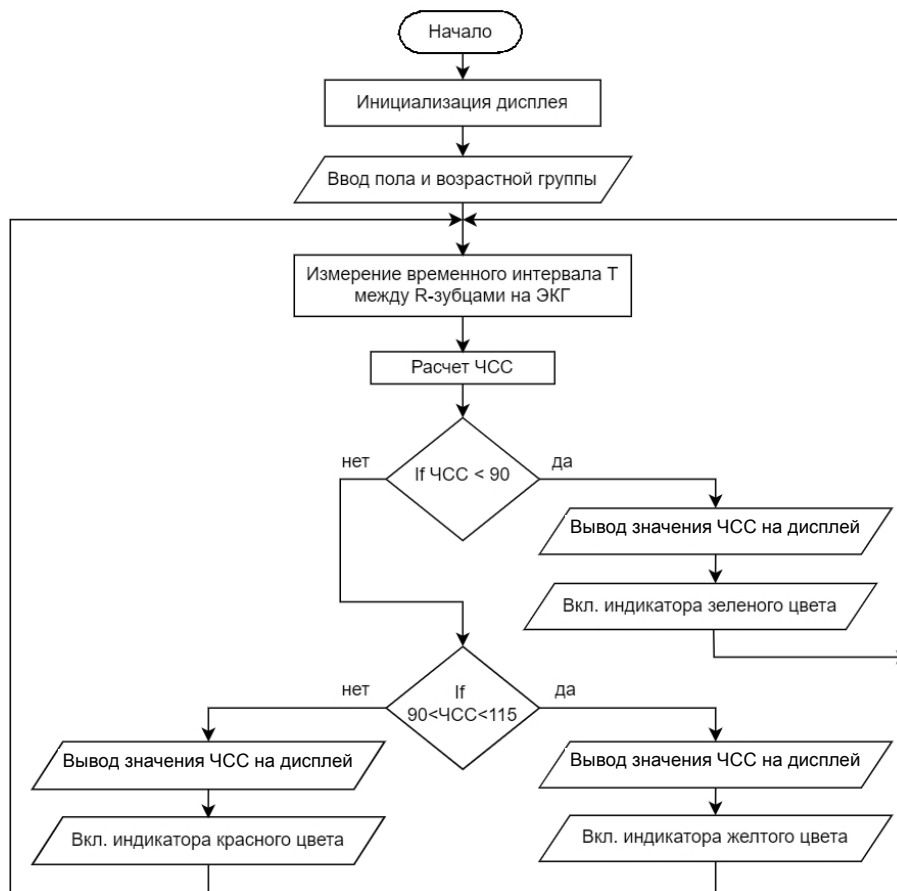


Рис. 4. Блок-схема алгоритма программы

В качестве информационного табло велокардиотренажера применен алфавитно-цифровой ЖК модуль [7] типа WH1604A-NGG-CT фирмы WINSTAR. На табло выводится информация: 1-я строка – возрастная группа, вторая строка – пол, 3-я строка – нагрузка, и 4-я строка – пульс пациента. При тренировке пациент следит за пульсом при рекомендованной нагрузке.

Плата микроконтроллера STM32F407VGT6

с тремя электродами и дисплеем показана на рис. 5.

Реабилитационный курс рассчитывался на три недели и соответственно на три этапа. Реабилитационная нагрузка варьировалась от 25 до 90 Вт.

Рекомендованные значения нагрузок по этапам курса вело- и кардиореабилитации приведены в табл. 1.

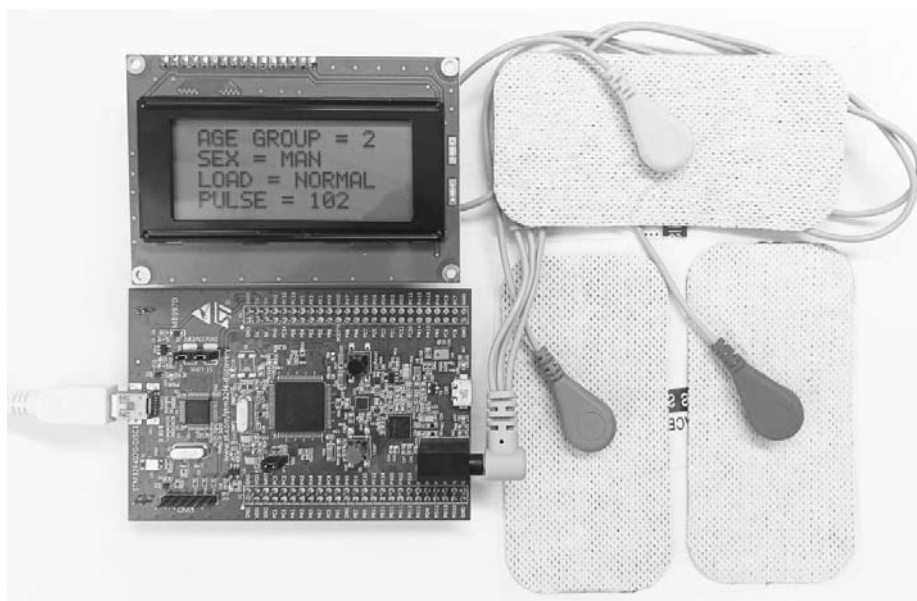


Рис. 5. Плата микроконтроллера STM32F407VGT6 с тремя электродами и дисплеем

Реабилитационные нагрузки

Этап	Неделя	Велотренажер, Вт	Ходьба, Вт	Скандинавская ходьба, Вт	Нагрузка
1-й	1-я	25–30	21,5–25,8	24,5–29,8	Минимальная
2-й	2-я	40–60	34,4–51,6	39,4–58,6	Номинальная
3-й	3-я	70–90	60,2–77,4	68,2–87,4	Предельная

Результаты работы с велокардиотренажером в ГБУЗ «ВОКГВВ» показали, что правильно подобранные параметры велоэргометрических нагрузок и достоверная индикация параметров могут повысить двигательные и функциональные возможности пациентов, перенесших различные операции на нижние и верхние конечности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федулова, Д. В. Физическая реабилитация спортсменов после травмы передней крестообразной связки и мениска коленного сустава с применением баланс-тренинга / Д. В. Федулова, К. А. Бердюгин; под ред. Н. М. Белокрылова. – Екатеринбург: ООО «Типография Для Вас», 2022. – 124 с.
2. Ешпанова, Г. Т. Использование тренажеров в лечебной физической культуре для реабилитации спортсме-

нов / Г. Т. Ешпанова // Молодой ученый. – 2017. – № 6 (140). – С. 213–217.

3. Практические рекомендации по использованию средств для восстановления работоспособности спортсменов на различных этапах соревновательной деятельности / Н. Ф. Туманова, А. Е. Шестопалов, А. В. Жолинский, В. С. Фещенко, Е. И. Разумец // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2018. – № 3 (147). – С. 28–37.

4. Велоэргометры Schiller. URL: <https://stkraft.com/funktionalnaya-diagnostika/veloergometry/schiller-3/> (дата обращения: 29.03.2024).

5. Мини-велотренажер Boxbot TT-8003. URL: <https://sport-econom.ru/product/mini-velotrenajer-boxbot-tt-8003-serebristiichernii/> (дата обращения: 29.03.2024).

6. Han, Y. Design of Data Transfer Module Based on STM32 in Monitoring System of Cold Chain Transportation / Y. Han, L. Meng // Fifth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control. – 2015. – P. 78–81.

7. WH1604A-NGG-CT. URL: <https://www.platan.ru/cgi-bin/query.pl?id=2010007313> (дата обращения: 29.03.2024)