

УДК 615.831.7;615.832.1

## ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА БИОПАРАМЕТРОВ ЧЕЛОВЕКА И БЛОК УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМИ РЕЖИМАМИ ИНФРАКРАСНОЙ КАБИНЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ И БЕЗОПАСНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕДУР



**А.Н. Осипов**

Проректор по научной работе БГУИР, кандидат технических наук, доцент



**М.М. Меженная**

Доцент кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, кандидат технических наук



**В.Ю. Дραπεза**

Младший научный сотрудник, магистр технических наук, аспирант БГУИР



**В.О. Ситулов**

Студент БГУИР



**М.Х.-М. Тхостов**

Старший научный сотрудник



**Д.А. Котов**

Доцент кафедры микро- и наноэлектроники, директор Центра 4.13, кандидат технических наук



**М.В. Давыдов**

Заведующий кафедрой теоретических основ электротехники, доцент, кандидат технических наук

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь  
E-mail: mezhennaya@bsuir.by

**Аннотация.** Авторами разработана инфракрасная кабина с биотехнической обратной связью, ключевыми элементами которой являются электронная система мониторинга физиологических показателей пользователя и блок управления, реализующий биотехническую обратную связь на основе информации о функциональном состоянии пользователя. Мониторинг физиологических показателей пользователя позволяет получить диагностическую информацию о текущем функциональном состоянии человека и использовать эту информацию для автоматического управления параметрами ИК процедуры, начиная от регулировки температурных режимов и заканчивая полным прекращением процедуры при необходимости (биотехническая обратная связь). Это позволяет генерировать тепловую нагрузку, адекватную индивидуальному функциональному состоянию пользователя.

**Ключевые слова:** инфракрасное излучение, инфракрасная кабина, биотехническая обратная связь, автоматическое управление параметрами воздействия, мониторинг физиологических показателей человека.

*Введение.*

Перспективным направлением развития восстановительной медицины является использование инфракрасного (ИК) излучения. Оно используется для проведения тепловых процедур

в клинической и спортивной медицине с целью восстановления функциональных резервов человеческого организма. Сеансы ИК терапии сопровождаются рядом позитивных эффектов: расширением кровеносных сосудов, увеличением обмена веществ, усилением иммунитета, повышением содержания кислорода в тканях, тем самым обеспечивая противовоспалительный, противоотечный, противоспазматический и обезболивающий эффекты. Данный метод реализуется посредством ИК-кабины (ИК-камеры, ИК-сауны), в которой размещается человек [1].

Существующие инфракрасные кабины не имеют систему управления потоком энергии, вырабатываемой инфракрасными излучателями. В частности, отсутствует возможность выбора уровня интенсивности тепловой нагрузки перед началом процедуры в соответствии с индивидуальными потребностями пользователя или рекомендациями врача, а также отсутствует возможность регулировки интенсивности тепловой нагрузки в процессе процедуры. Не обеспечивается контроль физиологических параметров человека, что не позволяет согласовать тепловую нагрузку с индивидуальным функциональным состоянием пользователя. Это в конечном итоге может привести к нежелательному перегреву организма пользователя или, напротив, снизить эффективность ИК прогревания. Перегрев организма может вызывать резкое увеличение показателей температуры, давления, пульса, что накладывает ограничения на использование инфракрасных саун при артериальной гипертензии, сердечно-сосудистой недостаточности.

Задачей разрабатываемого авторами устройства для проведения инфракрасной терапии является повышение эффективности, безопасности и экономичности процедуры прогревания в инфракрасной кабине за счет согласования интенсивности тепловой нагрузки с индивидуальным функциональным состоянием пользователя на протяжении всего сеанса ИК терапии. Это с технической точки зрения реализуется посредством мониторинга физиологических параметров пользователя и автоматического управления мощностью ИК излучателей по результатам мониторинга.

#### *Основная часть.*

Для решения поставленной задачи разработана инфракрасная кабина с биотехнической обратной связью, ключевыми элементами которой являются электронная система мониторинга физиологических показателей пользователя и блок управления, реализующий биотехническую обратную связь на основе информации о функциональном состоянии пользователя [2].

Конструктивно разработанная ИК кабина представляет собой прямоугольную камеру с входной дверью, откидной крышкой для удобства входа в горизонтально расположенную кабину, открывающимися окнами для обеспечения притока воздуха, рефлекторами для защиты головы человека от действия ИК излучения. Внутри ИК кабины размещаются ИК излучатели, электронная система мониторинга физиологических показателей пользователя. Вне конструкции ИК камеры размещаются блок управления, устройство ввода данных, устройство отображения информации и блок питания излучателей [3].

В качестве ИК излучателей применяются галогенные кварцевые лампы КГМ24-250 с максимумом спектра излучения на 1,3 мкм.

В состав электронной системы мониторинга физиологических показателей пользователя входят цифровые датчики температуры DS18B20, запястный тонометр OMRON с функциями регистрации давления и пульса.

Методика проведения инфракрасной терапии посредством разработанной ИК кабины предусматривает размещение испытуемого в горизонтально расположенной ИК-кабине. Точки размещения датчиков температуры на теле испытуемого выбраны следующие: в области грудной клетки, в области живота, в области подмышечной впадины. Методика размещения датчика температуры на теле испытуемого предусматривает нанесение теплопроводной пасты на поверхность датчика, впоследствии контактирующую с биообъектом.

Время сеанса ИК-процедуры составляет 30 минут. Непосредственно в ИК-кабине выполняется регистрация температуры тела, пульса, верхнего и нижнего артериального давления испытуемого. После окончания ИК-терапии испытуемый остается в ИК-кабине и выполняется регистрация температуры тела, пульса, верхнего и нижнего артериального давления в течение еще 30 минут (для оценки характера восстановления физиологических показателей после завершения терапевтического сеанса).

С помощью дополнительных датчиков температуры DS18B20 выполняется регистрация температуры воздуха внутри ИК-кабины в области головы и туловища пользователя.

Информация с датчиков температуры поступает на блок управления (рисунок 1). Блок управления реализован на базе микроконтроллера STM32 VL DISCOVERY. На входы блока управления поступают сигналы с выходов датчиков физиологических показателей пользователя и датчиков теплового режима DS18B20. Для получения информации о характере изменения температуры во времени опрос датчиков выполняется с периодичностью один раз в 5 секунд. С помощью программного обеспечения на персональном компьютере информация с датчиков отображается в режиме реального времени и сохраняется в табличной форме.

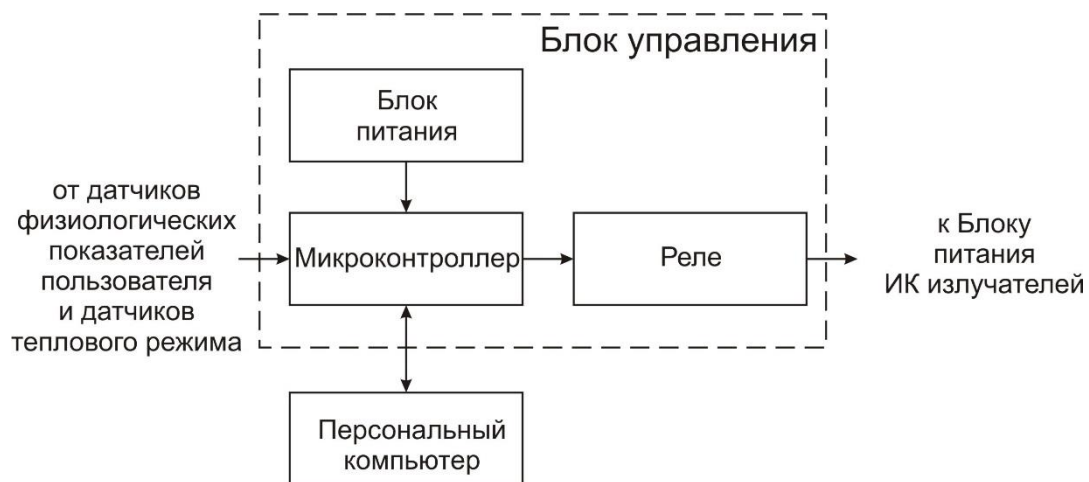


Рисунок 1. Структурная схема блока управления, реализующего биотехническую обратную связь на основе информации о функциональном состоянии пользователя в инфракрасной кабине

Для регистрации давления и пульса применяется запястный тонометр OMRON. Измерения проводятся в положении лежа, для обеспечения надлежащего уровня положения руки испытуемого по отношению к грудной клетке под локоть подкладывают подушку. Информация о давлении и пульсе с запястного тонометра OMRON по беспроводному каналу bluetooth поступает на персональный компьютер, отображается в режиме реального времени и сохраняется в табличной форме.

Блок управления выполняет задачу корректировки тепловой нагрузки на организм пользователя при проведении сеанса инфракрасной терапии. Во время мониторинга физиологических показателей пользователя характер изменения перечисленных биопараметров свидетельствует о происходящих в организме естественных адаптивных процессах терморегуляции. При этом необходимо исключить переход в режим перегрузки и насыщения, критерием наступления которого является превышение вышеуказанными показателями допустимых величин. Для этого целесообразно уменьшать тепловую нагрузку на организм человека посредством снижения мощности ИК излучателей. Еще одним важным критерием нормального функционирования регуляторных механизмов является появление после начала процедуры быстрой тенденции к восстановлению функциональных показателей. Иная тенденция к вос-

становлению функциональных показателей является поводом для прекращения ИК процедуры и последующей консультации с врачом.

Для реализации вышеописанного способа биотехнической обратной связи микроконтроллер управляет реле, тем самым обеспечивая отключение блока питания ИК излучателей при превышении пороговых значений сигналов от датчиков физиологических показателей пользователя и датчиков теплового режима. Пороговые значения сигналов от датчиков физиологических показателей пользователя и датчиков теплового режима устанавливаются программно и могут быть изменены врачом.

По возвращении значений сигналов от датчиков физиологических показателей пользователя и датчиков теплового режима к допустимым микроконтроллер посредством реле подключает блок питания ИК излучателей. Таким образом выполняется регулировка тепловой нагрузки на организм пользователя во время сеанса ИК терапии.

#### *Заключение.*

Разработана инфракрасная кабина с биотехнической обратной связью, ключевыми элементами которой являются электронная система мониторинга физиологических показателей пользователя и блок управления, реализующий биотехническую обратную связь на основе информации о функциональном состоянии пользователя.

Электронная система мониторинга физиологических показателей пользователя содержит цифровые датчики температуры DS18B20, запястный тонометр OMRON с функциями регистрации давления и пульса.

Блок управления реализует биотехническую обратную связь на основе информации о функциональном состоянии пользователя и разработан на базе микроконтроллера STM32 VL DISCOVERY. На входы блока управления поступают сигналы с выходов датчиков физиологических показателей пользователя и датчиков теплового режима DS18B20. Микроконтроллер управляет реле, тем самым обеспечивая отключение блока питания ИК излучателей при превышении пороговых значений сигналов от датчиков физиологических показателей пользователя и датчиков теплового режима. По возвращении значений сигналов от датчиков физиологических показателей пользователя и датчиков теплового режима к допустимым микроконтроллер посредством реле подключает блок питания ИК излучателей. Таким образом выполняется регулировка тепловой нагрузки на организм пользователя во время сеанса ИК терапии. Это позволит адаптировать тепловую нагрузку под индивидуальное функциональное состояние пользователя.

#### **Список литературы**

[1]. Инфракрасные сауны Uborg [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uborgsauna.ru>. – Дата доступа : 18.04.2018

[2]. Инфракрасная кабина с биотехнической обратной связью : пат. 11587 Респ. Беларусь, МПК А61Н33/06 / А.Н. Осипов, Т.М.-Х. Тхостов, М.М. Меженная, В.А. Кульчицкий, М.В. Давыдов, Д.А. Котов, Н.И. Стетюкевич, В. Ф. Шевцов, Н. С. Давыдова, В. Ю. Драпеза. – Опубл. 28.02.18 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 1 (120). – С. 169-170.

[3]. Осипов, А.Н. Инфракрасная кабина с автоматическим управлением параметрами воздействия на основе физиологических показателей пользователя / М.Х.-М. Тхостов, М.М. Меженная, М.В. Давыдов, В.Ю. Драпеза, Н.И. Стетюкевич, В.Ф. Шевцов, В.А. Кульчицкий // Научно-практический и научно-теоретический журнал «Новости медико-биологических наук». – Т.15. – №1. – 2017. – Стр.66-71.

## **ELECTRONIC MONITORING SYSTEM FOR HUMAN BIOPARAMETERS AND CONTROL UNIT FOR OPERATING MODES OF THE INFRARED CABIN FOR PROVIDING EFFICIENT AND SAFE THERMAL PROCEDURES**

**A.N. OSIPOV, PhD**  
*Vice-Rector for Scientific Work of the BSUIR, Associate Professor*

**M.M. MEZHENNAYA, PhD**  
*Associate Professor of engineering psychology and ergonomics Department of BSUIR, Associate Professor*

**V.Y. DRAPEZA**  
*Associate researcher, master of Technical Sciences*

**V.O. STITULOV**  
*Student of BSUIR*

**M.M. TKHOSTOV**  
*Senior Researcher*

**D.A. KOTOV, PhD**  
*Associate Professor of the Department of Micro and Nano electronics, Head of the Center 4.13*

**M. V. DAVYDOV, PhD**  
*Head of the chair of the Department of Electrical Engineering, Associate Professor*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus  
E-mail: mezhennaya@bsuir.by*

**Abstract.** The authors developed an infrared cabin with biotechnical feedback, the key elements of which are an electronic system for monitoring the physiological parameters of the user and a control unit that implements biotechnical feedback on the basis of information about the functional state of the user. Monitoring the physiological parameters of the user allows to obtain diagnostic information about the current functional state of a person and use this information to automatically control the parameters of the IR procedure. This allows to generate a thermal load that is adequate to the individual functional state of the user.

**Key words:** infrared radiation, infrared cabin, biotechnical feedback, automatic control of exposure parameters, monitoring of human physiological parameters.