

УДК 615.831.7; 615.832.1

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ИНФРАКРАСНОЙ КАБИНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

М.М. МЕЖЕННАЯ, В.Ю. ДРАПЕЗА, М.Х.-М. ТХОСТОВ, Н.С. ДАВЫДОВА, М.В. ДАВЫДОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Разработана инфракрасная (ИК) кабина для активации функциональных резервов человеческого организма в лечебной, оздоровительной и спортивной практике. Отличительной особенностью предлагаемого устройства является реализация биотехнической обратной связи посредством мониторинга основных физиологических показателей пользователя и автоматического управления параметрами ИК процедуры на основе результатов мониторинга. Это позволяет согласовать интенсивность тепловой нагрузки с индивидуальным функциональным состоянием пользователя на протяжении всего сеанса ИК терапии.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, инфракрасная кабина, биотехническая обратная связь, автоматическое управление параметрами воздействия.

Abstract. The infrared cabin (IR) has been developed to restore the human body functional state. Distinctive features of this device are monitoring of user physiological parameters and automatic control of IR procedure parameters based on the monitoring results. This allows to adjust the intensity of the heat load with the individual functional state of the user throughout the entire session of IR therapy.

Keywords: infrared radiation, infrared cabin, biotechnical feedback, automatic control of exposure parameters.

Введение

В современной медицине инфракрасная (ИК) терапия широко используется для лечения кожных болезней (угревая сыпь, экзема, атопический дерматит, аллергическая кожная сыпь), хирургических заболеваний (трофические язвы, пролежни, ожоги), болезней опорно-двигательного аппарата (растяжение связок, пяточная шпора, ушибы и травмы суставов, вывихи, артрозы и артриты, миозиты, спортивные травмы), патологии ЛОР-органов (ринит, фронтит, тонзиллит, отит, ларингит). Современный уровень развития технологий позволяет совершенствовать медицинскую технику, при этом перспективной является разработка лечебно-диагностических комплексов с функцией управления параметрами воздействия исходя из физиологических характеристик биообъекта. Применительно к устройствам для инфракрасной терапии это позволит генерировать тепловую нагрузку, адекватную индивидуальному функциональному состоянию пользователя.

В связи с вышеизложенным авторами разработана энергоэффективная мобильная инфракрасная кабина для низкоинтенсивного воздействия ИК излучением преимущественно ближнего ИК диапазона на тело человека. Отличительной особенностью предлагаемого устройства является реализация биотехнической обратной связи посредством мониторинга физиологических показателей пользователя и автоматического управления параметрами ИК процедуры на основе результатов мониторинга.

Разработка принципов автоматического управления режимами работы ИК кабины

Разработанное авторами устройство представляет собой ИК кабину с автоматическим управлением параметрами воздействия на основе физиологических показателей пользователя (рисунки 1). Устройство содержит датчики для регистрации физиологических показателей пользователя, датчики теплового режима, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), блок передачи данных, блок приема данных, блок управления, устройство ввода данных, устройство отображения информации, ИК излучатели, блок питания ИК излучателей [1].

На основании проведенных авторами экспериментальных исследований разработаны принципы автоматического управления режимами воздействия ближнего инфракрасного излучения на организм человека, а именно: в основу управления воздействием ИК излучения на организм человека положены два информационных канала – данные с датчиков теплового режима и данные от датчиков физиологических показателей пользователя.



Рис. 1. Структурная схема устройства инфракрасной кабины с автоматическим управлением параметрами воздействия на основе физиологических показателей пользователя

Для контроля теплового режима внутри ИК кабины целесообразно использовать:

1. $T_i^{\text{air_near_body}}$ – температура воздуха внутри ИК кабины, зарегистрированная в области туловища человека в текущий (i -ый) момент времени.
2. $T_i^{\text{air_near_head}}$ – температура воздуха внутри ИК кабины, зарегистрированная в области головы человека в текущий (i -ый) момент времени.

Данные параметры следует использовать следующим образом:

1. Началом ИК процедуры следует считать момент $T_i^{\text{air_near_body}} = 38^\circ\text{C}$. До этого момента происходит разогрев ИК кабины.
2. Длительность ИК процедуры определяется врачом/пользователем, устанавливается программно (с помощью блока управления) и отсчитывается от описанного в п.1 момента. По истечении длительности процедуры происходит автоматическое отключение ИК излучателей.
3. В процессе процедуры происходит автоматическое управление мощностью ИК излучателей на основании мониторинга данных с датчиков теплового режима. Мониторинг данных необходимо проводить с шагом Δt не более 1 минуты.
4. В процессе ИК процедуры должны соблюдаться следующие условия теплового режима воздуха внутри ИК кабины:

$$T_i^{\text{air_near_body}} \leq 42^\circ\text{C}, \quad (1)$$

$$T_i^{\text{air_near_head}} \leq 32^\circ\text{C}. \quad (2)$$

Превышение одного или двух показателей должно приводить к плавному уменьшению мощности ИК излучателей до тех пор, пока температурные показатели не вернуться к допустимым уровням.

Для оценки физиологических показателей пользователя целесообразно использовать:

1. $T_i^{\text{human_body}}$ – температура пользователя, находящегося внутри ИК кабины, зарегистрированная в области туловища в текущий (i -ый) момент времени.
2. $T_i^{\text{human_head}}$ – температура пользователя, находящегося внутри ИК кабины, зарегистрированная в области головы в текущий (i -ый) момент времени.
3. $Pressure_i^{\text{systolic}}$ – верхнее артериальное давление пользователя, находящегося внутри ИК кабины, зарегистрированное в текущий (i -ый) момент времени.
4. $Pressure_i^{\text{diasystolic}}$ – нижнее артериальное давление пользователя, находящегося внутри ИК кабины, зарегистрированное в текущий (i -ый) момент времени.
5. $Pulse_i$ – пульс пользователя, находящегося внутри ИК кабины, зарегистрированный в текущий (i -ый) момент времени.

Данные параметры следует использовать следующим образом:

1. В процессе процедуры происходит автоматическое управление мощностью ИК излучателей на основании мониторинга данных с датчиков физиологических показателей пользователя. Мониторинг данных необходимо проводить с шагом Δt не более 1 минуты.
2. В процессе ИК процедуры должны соблюдаться следующие условия:

$$T_i^{\text{human_body}} \leq T_{\text{max}}^{\text{human_body}}, \quad (3)$$

$$T_i^{\text{human_head}} \leq T_{\text{max}}^{\text{human_head}}, \quad (4)$$

$$Pressure_i^{\text{systolic}} \leq Pressure_{\text{max}}^{\text{systolic}}, \quad (5)$$

$$\text{Pressure}_i^{\text{diasystolic}} \leq \text{Pressure}_{\text{max}}^{\text{diasystolic}}, \quad (6)$$

$$\text{Pulse}_i \leq \text{Pulse}_{\text{max}}. \quad (7)$$

Несоблюдение хотя бы одного из условий должно приводить к отключению ИК излучателей и досрочному прекращению ИК процедуры. Максимальные пороги устанавливаются программно и определяются врачом.

3. В процессе ИК процедуры должны соблюдаться следующие условия:

$$\Delta T_i^{\text{human_body}} \leq \Delta T_{\text{max}}^{\text{human_body}}, \quad (8)$$

$$\Delta T_i^{\text{human_head}} \leq \Delta T_{\text{max}}^{\text{human_head}}, \quad (9)$$

$$\Delta \text{Pressure}_i^{\text{systolic}} \leq \Delta \text{Pressure}_{\text{max}}^{\text{systolic}}, \quad (10)$$

$$\Delta \text{Pressure}_i^{\text{diasystolic}} \leq \Delta \text{Pressure}_{\text{max}}^{\text{diasystolic}}, \quad (11)$$

$$\Delta \text{Pulse}_i \leq \Delta \text{Pulse}_{\text{max}}. \quad (12)$$

Несоблюдение хотя бы одного из условий должно приводить к плавному уменьшению мощности ИК излучателей до тех пор, пока показатели не вернуться к допустимым уровням.

Максимальные пороги устанавливаются программно и определяются врачом.

Отклонения параметров рассчитываются по отношению к усредненному (например, по трем значениям) начальному показателю, например:

$$\Delta T_i^{\text{human_body}} = T_i^{\text{human_body}} - (T_1^{\text{human_body}} + T_2^{\text{human_body}} + T_3^{\text{human_body}})/3. \quad (13)$$

Описание работы ИК кабины

С учетом вышеописанных принципов автоматического управления режимами воздействия устройство ИК кабины функционирует следующим образом.

ИК кабина располагается в требуемом положении (вертикальном или горизонтальном).

Пользователь располагается в ИК кабине. Далее на теле пользователя размещаются датчики для регистрации физиологических показателей, а именно, датчики артериального давления, пульса, температуры тела. Посредством АЦП и блоков беспроводной передачи и приема данных информация о функциональном состоянии пользователя поступает в блок управления и выводится на устройство отображения в реальном режиме времени, что обеспечивает непрерывное наблюдение за пользователем врачом (оператором).

С помощью устройства ввода данных устанавливается длительность процедуры. Блок управления запускает блок питания ИК излучателей и осуществляет разогрев ИК излучателей до достижения рабочего теплового режима внутри устройства. Контроль теплового режима реализуется посредством датчиков температуры.

После разогрева ИК излучателей начинается отсчет времени процедуры. Поддержание рабочих параметров температуры воздуха внутри ИК кабины осуществляется блоком управления на основании информации от датчиков теплового режима.

В процессе проведения терапевтической процедуры осуществляется автоматическая корректировка параметров воздействия на основе мониторинга физиологических показателей пользователя (рисунок 2).

Во время мониторинга физиологических показателей пользователя характер изменения переносимых биопараметров свидетельствует о происходящих в организме естественных адаптивных процессах терморегуляции. При этом предлагаемая ИК кабина с биотехнической обратной связью позволяет исключить переход в режим перегрузки и насыщения, критерием наступления которого является превышение вышеуказанными показателями допустимых величин. Для этого разработана двухуровневая система корректировки:

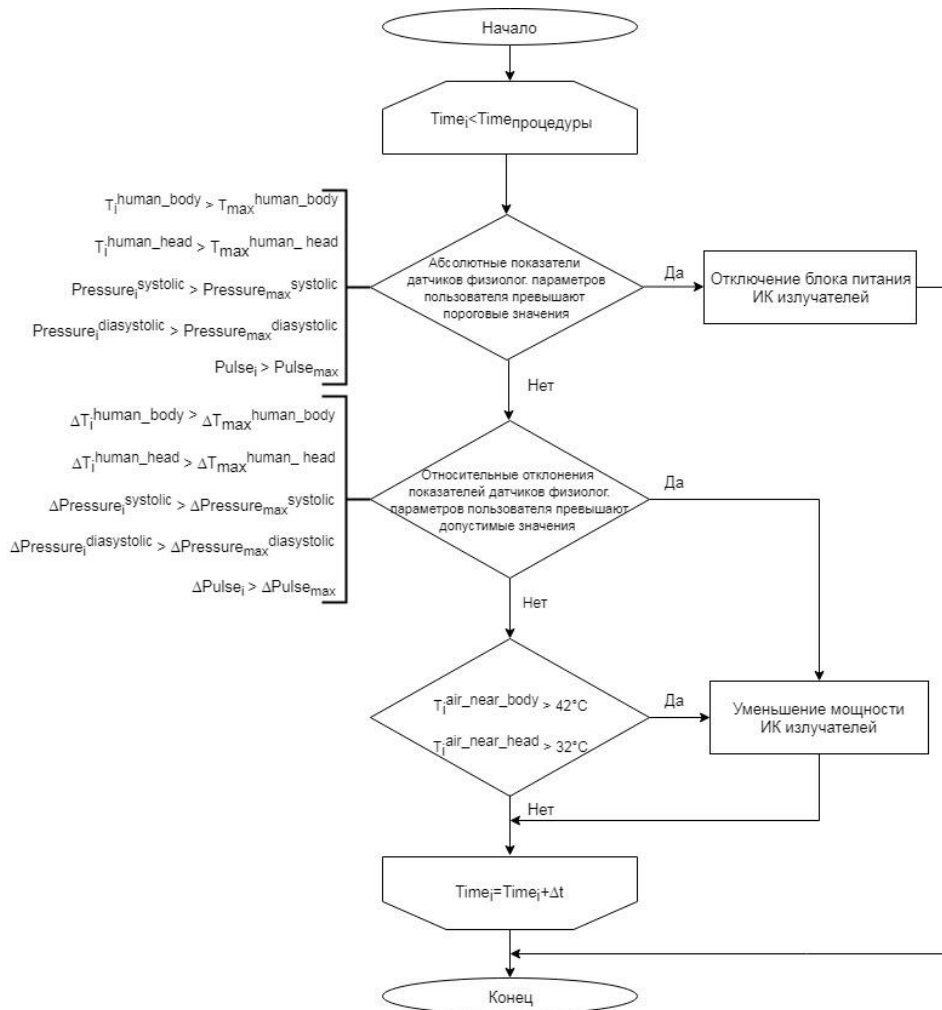


Рис. 2. Алгоритм автоматического управления параметрами воздействия на основе физиологических показателей пользователя

1. Если показатели относительного отклонения физиологических параметров пользователя превышают допустимые значения, выполняется уменьшение тепловой нагрузки на организм человека посредством снижения мощности ИК излучателей.

2. Превышение максимально допустимых абсолютных значений физиологических параметров является поводом для прекращения ИК процедуры (отключение ИК излучателей блоком управления) и последующей консультации с врачом.

По истечении требуемого времени терапевтической процедуры происходит автоматическое отключение ИК излучателей блоком управления.

Заключение

Разработана инфракрасная кабина для активации функциональных резервов человеческого организма в лечебной, оздоровительной и спортивной практике. Отличительной особенностью предлагаемого устройства является реализация биотехнической обратной связи посредством мониторинга основных физиологических показателей пользователя и автоматического управления параметрами ИК процедуры на основе результатов мониторинга (начиная от регулировки температурных режимов и заканчивая полным прекращением процедуры при необходимости). Это позволяет согласовать интенсивность тепловой нагрузки с индивидуальным функциональным состоянием пользователя на протяжении всего сеанса ИК терапии. Результаты работы представляют интерес для инженеров медицинской техники, а также для врачей физиотерапевтов и кардиологов.

Список литературы

1. 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 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2018. – № 1 (120). – С. 169-170.