

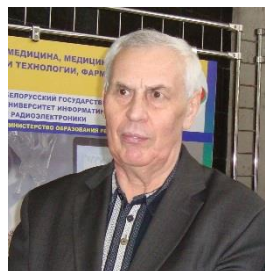
МОНИТОРИНГ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В УСТРОЙСТВЕ ИНФРАКРАСНОЙ КАБИНЫ



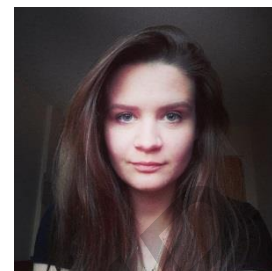
А.Н. Осипов
Проректор по научной работе
БГУИР, кандидат
технических наук,
доцент



М.М. Меженная
Доцент кафедры
инженерной
психологии и
эргономики БГУИР,
кандидат
технических наук



М.Х.-М. Тхостов
Старший научный
сотрудник Центра
4.13 БГУИР



В.Ю. Драпеца
Магистрантка ка-
федры электронной
техники и техноло-
гии БГУИР

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

Abstract. Energy-efficient mobile infrared (IR) cab has been developed to restore the human body functional state. Infrared cabin provides a deep penetration of optical radiation to human tissue by the use of near-infrared emitters range. Distinctive features of this device are monitored user physiological parameters and automatic control of the parameters of IR procedures based on monitoring results. This allows to generate a thermal stress which adequate to the individual user's functional state.

Введение. Инфракрасное (ИК) излучение 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.

Достижимый терапевтический эффект воздействия ИК излучения зависит от начального функционального состояния человека и адекватного выбора параметров облучения. Существующие ИК кабины преимущественно воздействуют длинноволновым диапазоном ИК спектра [1-8], способным разогреть только верхние слои кожи без глубокого проникновения в ткани человека [1,9-11]. Кроме того ИК терапия противопоказана при артериальной гипертензии и сердечно-сосудистой недостаточности, так как используемые ИК излучатели генерируют избыточный поток энергии, существенно повышая температуру тела человека. При этом показатели энергопотребления остаются достаточно высокими.

Современный уровень развития технологий позволяет совершенствовать медицинскую технику, в том числе в направлении решения вышеуказанных проблем. 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. Задача реализации биотехнической обратной связи может быть успешно решена с применением технологий BigData и нейронных сетей.

Структурная схема и принцип работы устройства. Разработанное авторами устройство для воздействия низкоинтенсивным ИК излучением на человеческий организм представляет собой ИК кабину с автоматическим управлением параметрами воздействия на основе физиологических показателей пользователя (рисунок 1).

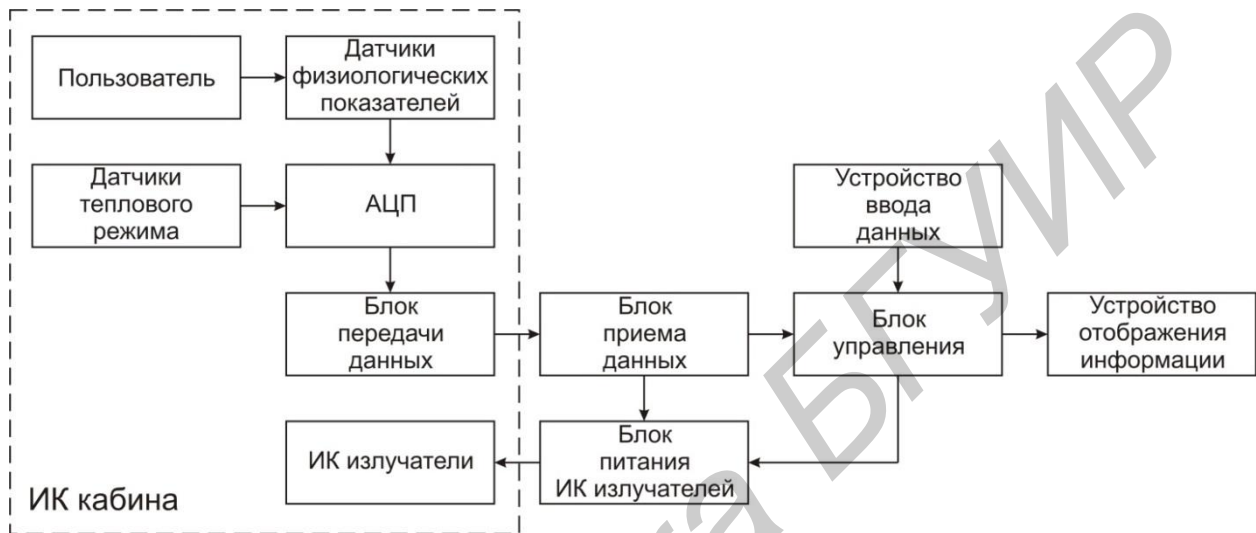


Рис. 1. Структурная схема устройства инфракрасной кабины с автоматическим управлением параметрами воздействия на основе физиологических показателей пользователя

Устройство содержит датчики 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.

Устройство функционирует следующим образом.

ИК кабина располагается в вертикальном или горизонтальном положении, включаются ИК излучатели и осуществляется их разогрев до достижения рабочего теплового режима внутри устройства. Контроль теплового режима реализуется посредством датчиков температуры и влажности. Сигналы с датчиков теплового режима преобразуются в цифровую форму посредством АЦП, далее с помощью блоков передачи и приема данных поступают на блок управления, расположенный вне конструкции ИК кабины. С помощью устройства ввода данных устанавливаются требуемые параметры теплового режима. Блок управления осуществляет достижение и поддержание этих рабочих параметров за счет управления блоком питания излучателей. После разогрева ИК излучателей кабина готова к использованию.

Перед началом процедуры на теле пользователя (который предварительно был осмотрен врачом) размещаются датчики физиологических показателей, а именно, сенсоры артериального давления, пульса, температуры тела. Далее пользователь располагается в ИК кабине. Посредством АЦП и блоков 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).

В процессе проведения терапевтической процедуры осуществляется автоматическая корректировка параметров воздействия на основе мониторинга физиологических показателей

пользователя (биотехническая обратная связь). В частности, посредством управления блоком питания ИК излучателей выполняется регулировка тепловой нагрузки на организм пользователя.

Время процедуры устанавливается посредством блока ввода информации. По истечении требуемого времени терапевтической процедуры происходит автоматическое отключение ИК излучателей блоком управления.

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

Дополнительная диагностическая информация о состоянии пользователя может быть получена после окончания процедуры ИК терапии. Это связано с тем, что значения времени для возвращения биопараметров в исходное состояние после окончания ИК процедуры варьируются у каждого человека (от 5 до 30 минут), но не должны превышать 30 минут. Поэтому предлагаемое устройство реализует возможность контроля физиологических показателей пользователя после окончания процедуры с выводом информации на устройство отображения.

С точки зрения конструктивного исполнения 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, датчики тепловой нагрузки, блок АЦП и блок передачи данных. Вне конструкции ИК камеры размещаются блок приема данных, блок управления, устройство ввода данных, устройство отображения информации и блок питания излучателей.

Материал внутренней обшивки кабины – теплоизоляция с зеркальным в ИК диапазоне покрытием из алюминиевой фольги – снижает энергетические затраты и позволяет повысить эффективность прогревания за счет отражения внутренней поверхностью кабины ИК излучения и перенаправления его в центральную зону. Материал внешней обшивки кабины – поликарбонат – предпочтителен с точки зрения дизайна, обеспечивает легкость и мобильность конструкции.

Максимальный физиотерапевтический эффект ИК процедуры достигается за счет использования излучателей ближнего ИК диапазона, которые обеспечивают наибольшую глубину проникновения ИК излучения в ткани человеческого организма [9-11].

Температура воздуха внутри ИК кабины задается посредством изменения мощности электропитания источников ИК излучения и поддерживается на уровне 39°C в области туловища пациента (что существенно ниже существующих серийных аналогов - более 45°C) [2-3] и 32°C в области головы (из-за наличия защитных рефлекторов и воздушных окошек, расположенных на уровне головы). Температура 39°C в области туловища является оптимальной для имитации естественной реакции организма человека на подъем глубокой температуры тела во время развития системного воспалительного процесса и активации при этом защитных нейрогуморальных механизмов. При достижении глубокой температуры тела 39°C у большинства испытуемых обычно не возникает побочных негативных реакций, в первую очередь, со стороны сердечно-сосудистой системы.

Наличие в составе блока питания ИК излучателей понижающего трансформатора обес-

печивает защиту пользователя от случайного поражения электрическим током при проведении терапевтических процедур в случае возникновения неисправности в окружающем оборудовании.

Мониторинг физиологических показателей пользователя при проведении ИК-терапии. Авторами проведены исследования динамики изменения физиологических показателей человека при проведении ИК-терапии посредством вышеописанного устройства.

В исследованиях приняли участие 15 человек (8 мужчин и 7 женщин в возрасте от 19 лет до 31 года). Время сеанса ИК-процедуры составляло 30 минут.

В процессе каждого исследования испытуемый размещался в горизонтально расположенной ИК-кабине. Далее непосредственно в ИК-кабине выполнялась регистрация температуры тела, пульса, верхнего и нижнего артериального давления испытуемого: до начала процедуры, через 15 минут после начала процедуры, через 30 минут после начала процедуры. Для контроля динамики восстановления физиологических показателей после окончания ИК-терапии дополнительно выполнялась регистрация температуры тела, пульса, верхнего и нижнего артериального давления испытуемого: спустя 15 минут, 30 минут и 45 минут после процедуры. Усредненные результаты изменения физиологических показателей с указанием среднеквадратичного отклонения приведены на рисунках 2-5.

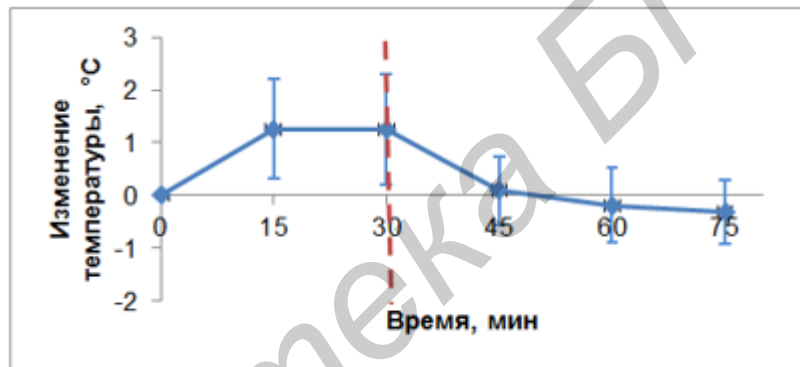


Рис. 2. Среднее арифметическое изменение температуры тела испытуемых в процессе 30-ти минутного сеанса ИК-терапии, а также в течение 45 минут после окончания ИК-процедуры

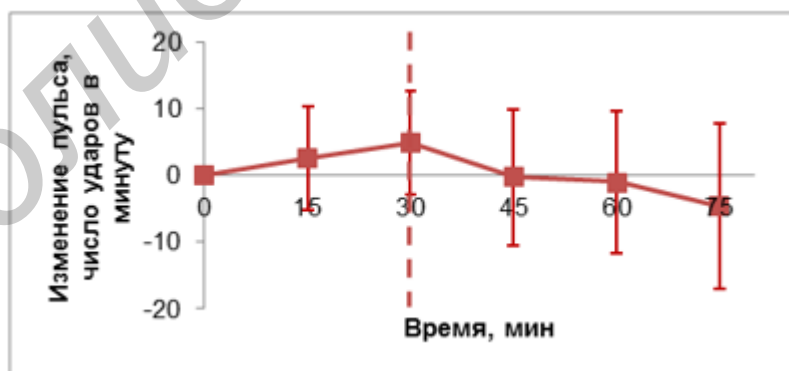


Рис. 3. Среднее арифметическое изменение пульса испытуемых в процессе 30-ти минутного сеанса ИК-терапии, а также в течение 45 минут после окончания ИК-процедуры

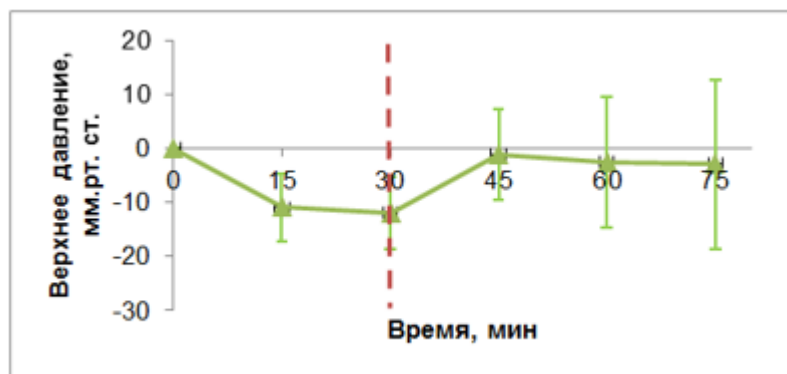


Рис. 4. Среднее арифметическое изменение верхнего артериального давления испытуемых в процессе 30-ти минутного сеанса ИК-терапии, а также в течение 45 минут после окончания ИК-процедуры

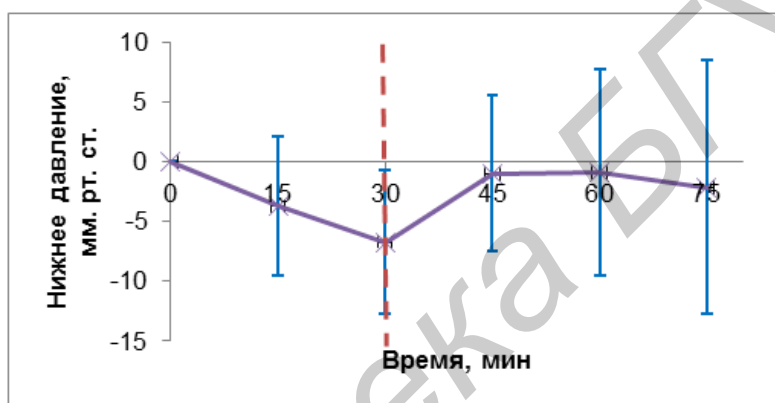


Рис. 5. Среднее арифметическое изменение нижнего артериального давления испытуемых в процессе 30-ти минутного сеанса ИК-терапии, а также в течение 45 минут после окончания ИК-процедуры

Анализ полученных данных выявил следующие закономерности:

1 Температура тела испытуемых в процессе ИК-терапии увеличивалась на $1,24 \pm 1,05$ °C, спустя 15 минут после окончания процедуры температура возвращалась к первоначальному уровню.

2 Пульс постепенно возрастал в процессе ИК-сеанса и увеличивался в среднем на $4,87 \pm 7,82$ удара к моменту окончания процедуры. Далее наблюдалась тенденция к восстановлению исходного уровня уже через 15 минут после завершения процедуры.

3 Особый интерес представляет динамика снижения показателей артериального давления в процессе ИК-терапии. В среднем к моменту окончания процедуры верхнее артериальное давление уменьшалось на $12,00 \pm 6,8$ мм.рт.ст., нижнее – на $6,73 \pm 6,02$ мм.рт.ст. Далее наблюдалась тенденция к восстановлению исходного уровня уже через 15 минут после завершения процедуры.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о минимизации тепловой нагрузки на пользователя при проведении ИК терапии посредством разработанного устройства по сравнению с традиционными банями и саунами, а также по сравнению с аналогичными ИК кабинами. Это достигается использованием источников ближнего ИК излучения, а также конструктивными особенностями кабины, позволяющими снизить температуру воздуха при сохранении эффективности прогревания. Наличие защитных рефлекторов и вентиляционных клапанов защищает голову пользователя от нежелательного перегрева. Это в конечном итоге позволяет

расширить сферу применения подобного рода устройств с сугубо бытовой до медицинской за счет устранения ограничений на использование инфракрасных камер при артериальной гипертензии, сердечно-сосудистой недостаточности.

Функция мониторинга физиологических показателей пользователя позволяет получить диагностическую информацию о текущем функциональном состоянии человека. Целью дальнейших исследований авторы видят использование полученной информации для автоматического управления параметрами ИК процедуры, начиная от регулировки температурных режимов и заканчивая полным прекращением процедуры при необходимости. Это позволит адаптировать тепловую нагрузку под индивидуальное функциональное состояние пользователя.

Литература

- [1]. Инфракрасные сауны Uborg [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uborgsauna.ru>. – Дата доступа : 15.10.2016.
- [2]. Воронежский каталог инфракрасных саун и кабин [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.iksauna36.ru/manufacturer.php>. – Дата доступа : 15.10.2016.
- [3]. Сауна и генератор дальнего ИК излучения для нее: пат. WO 2005060355 A2, МПК А61Н33/06; опубл. 7.07.2005.
- [4]. Дальнее инфракрасное излучение и лучи жизни [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://vitalrays.ru/archives/126>. – Дата доступа: 15.10.2016.
- [5]. Сауна: пат. 10151789 А1 Германия, МПК А61Н33/06; опубл. 30.04.2003.
- [6]. Сауна: пат. 3959477 В2 Япония, МПК А61Н33/06; опубл. 15.08.2007.
- [7]. Infrasan – сауны солнца [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infrasan.ru/infrasan/suncarbon/>. – Дата доступа: 15.10.2016.
- [8]. Инфракрасные кабины Infradoc [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infradoc.spb.ru/princip.htm>. – Дата доступа: 15.10.2016.
- [9]. Пономаренко Г.М. Биофизические основы физиотерапии / Г.Н. Пономаренко, И.И. Турковский. М.: "Медицина", 2006. с. 17-18.
- [10]. Энциклопедия по охране и безопасности труда / Международная Организация Труда, 2-е изд., 1988.
- [11]. Journal of Biomedical Optics 12(4), 044012, 2007.