

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРАПИИ

Воробей А.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Меженная М.М. – кандидат технических наук, доцент

В работе приводятся результаты экспериментальной апробации воздействия инфракрасного излучения на физиологические параметры человека.

Коллективом авторов (М.Х-М. Тхостов, А.Н. Осипов, М.М. Меженная, В.Ю. Драпеза, А.В. Воробей) разработана инновационная инфракрасная кабина с биотехнической обратной связью, решающая задачу повышения эффективности и безопасности физиотерапевтической процедуры инфракрасного (ИК) прогревания [1]. По сравнению с существующими аналогами разработанная ИК кабина обладает следующими преимуществами:

1. Коротковолновой диапазон ИК излучения (0,75-1,5 мкм) обеспечивает максимальную глубину проникновения ИК излучения в ткани человеческого организма.

2. Низкий рабочий диапазон температур ИК кабины (40-42°C) по сравнению с существующими аналогами (Harvia, WELLNES, Uborg и др.: более 45°C). Это позволяет расширить сферу применения ИК терапии за счет устранения ограничений на использование ИК кабин у пользователей с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

3. Низкое энергопотребление: потребляемая мощность ИК кабины составляет 0,4 кВт/ч, что значительно ниже по сравнению с аналогами (не менее 0,9 кВт/ч).

4. Мониторинг физиологических показателей пользователя позволяет получить диагностическую информацию о текущем функциональном состоянии человека [1].

5. Мобильность: конструкция ИК кабины и ее вес позволяют проводить оздоравливающие тепловые процедуры как в горизонтальном, так и в вертикальном положениях.

Для исследования воздействия ИК-излучения на физиологические параметры человека были проведены три серии экспериментов.

В рамках всех экспериментов пользователь размещался в горизонтально расположенной ИК кабине. На теле пользователя размещались датчики температуры, пульса и давления для контроля физиологических параметров. Далее выполнялось включение ИК кабины и датчиков теплового режима. Исследование включало процессы разогрева ИК кабины, собственно ИК прогревания, а также восстановления физиологических показателей пользователя по окончании терапии. В течение каждого этапа пользователь находился в ИК кабине, выполнялась регистрация параметров теплового режима, а также физиологических показателей человека. До начала и после окончания исследования измерялся вес пользователя для оценки интенсивности потоотделения, что является показателем эффективности процедуры ИК прогревания.

В первой серии экспериментов приняло участие 8 человек (7 мужчин, 1 женщина, средний возраст испытуемых 21 год). Суммарное время разогрева ИК кабины и ИК прогревания каждого испытуемого составило 20 минут, при этом температура окружающей среды равнялась 22°C. Температура воздуха внутри ИК кабины в области тела человека после 10 минут процедуры составляла 37-38°C, а к концу процедуры равнялась 40-42°C. При этом температура непосредственно на голове человека находилась на уровне 31-32°C, а температура в области туловища составляла 40°C к концу процедуры. За время ИК процедуры верхнее давление уменьшилось на $4,13 \pm 6,15$ мм.рт.ст., нижнее давление уменьшилось на $13,25 \pm 13,75$ мм.рт.ст. При этом потеря веса составила -368 ± 342 г.

Во второй серии экспериментов участвовало 10 человек (7 мужчин и 3 женщины, средний возраст – 22 года). Суммарное время разогрева ИК кабины и ИК прогревания каждого испытуемого составило 30 минут, при этом температура окружающей среды равнялась 17°C. Температура воздуха внутри ИК кабины в области тела человека после 10 минут процедуры составляла 34-36°C, а к концу процедуры равнялась 38-40°C. При этом температура непосредственно на голове человека находилась на уровне 30,5°C, а температура в области туловища составляла 38-39°C к концу процедуры. За время ИК процедуры верхнее давление уменьшилось на $14,57 \pm 14,94$ мм.рт.ст., нижнее давление уменьшилось на $16,00 \pm 9,78$ мм.рт.ст. При этом потеря веса составила всего -93 ± 53 г. Из этого следует, что из-за низкой температуры окружающей среды часть энергии уходила на обогрев комнаты, для разогрева ИК кабины требовалось больше времени, в связи с чем время сеанса в 30 минут оказалось недостаточным для выхода на полноценный режим прогревания. Сделан вывод о недостаточной эффективности диапазона температур в 38-40°C.

В третьей серии экспериментов участвовало 5 человек (5 мужчин, средний возраст испытуемых – 22 года). Суммарное время разогрева ИК кабины и ИК прогревания каждого испытуемого составило 50 минут, при этом температура окружающей среды составляла 21°C. Температура воздуха внутри ИК

кабины в области тела человека после 10 минут процедуры составляла 37-38°C, а к концу процедуры равнялась 40-42°C. При этом температура непосредственно на голове человека находилась на уровне 29-30,5°C, а температура в области туловища составляла 38-39°C. Верхнее артериальное давление уменьшилось на $3,20 \pm 8,96$ мм.рт.ст., а нижнее артериальное давление уменьшилось на $5,40 \pm 11,52$ мм.рт.ст. При этом потеря веса составила -418 ± 171 г., что значительно больше, чем в предыдущих исследованиях.

Для оценки эффективности режима воздействия ИК излучения на организм человека предложен коэффициент K , равный отношению потери веса пользователя $\Delta W/\Delta W$ к максимальной рабочей температуре воздуха в ИК кабине на уровне тела человека $T_{max}^{air_near_body}$:

$$K = \frac{\Delta W}{T_{max}^{air_near_body}}$$

Основные результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 2 Основные результаты исследований

Исследование	1	2	3
Количество испытуемых	8 человек	10 человек	5 человек
Время процедуры	20 минут	30 минут	50 минут
Температура окружающей среды, °C	22	17	21
Рабочий диапазон температуры, °C	После 10 минут	37-38	34-36
	В конце процедуры	40-42	38-40
Температура головы (после окончания процедуры), °C	31-32	30,5	29-30,5
Температура человека вдоль туловища (после окончания процедуры), °C	40	38-39	38-39
Вес, г	-368 ± 342	-93 ± 53	-418 ± 171
Давление верхнее, мм.рт.ст.	$-4,13 \pm 6,15$	$-14,57 \pm 14,94$	$-3,20 \pm 8,96$
Давление нижнее, мм.рт.ст.	$-13,25 \pm 13,75$	$-16,00 \pm 9,78$	$-5,40 \pm 11,52$
Пульс, ударов в минуту	$12,63 \pm 9,16$	$14,00 \pm 13,08$	$20,60 \pm 9,29$
Коэффициент эффективности (K), г/°C	8,76	2,33	9,95

Сравнительный анализ полученных данных выявил следующие закономерности:

1. Эффективное прогревание человека происходит при рабочих температурах воздуха внутри ИК кабины (на уровне тела человека) в интервале от 40 °C до 42 °C (коэффициент (K) оценки эффективности режима воздействия ИК излучения на организм человека в третьем эксперименте достиг наибольшего значения). Такой температурный режим уже способствует интенсивному потоотделению, но еще не приводит к дискомфортным ощущениям и нежелательной нагрузке на сердечно-сосудистую систему.

2. Началом ИК прогревания следует считать момент выхода ИК кабины на рабочую температуру 40 °C. Время разогрева зависит от температуры окружающей среды.

3. Длительность процедуры собственно ИК прогревания (без учета разогрева кабины) определяется врачом, при этом рекомендуемой является длительность в 30 минут (это согласуется с практическим опытом физиотерапевтов).

4. На основании мониторинга показателей теплового режима ИК кабины необходимо автоматически поддерживать внутри нее температурный режим от 40 °C до 42 °C во время периода ИК прогревания.

5. Контроль состояния физиологических параметров пользователя при проведении ИК терапии и автоматическая корректировка мощности ИК излучателей позволит сделать процедуру ИК прогревания безопасной для пользователей.

Список использованных источников:

1. Mezhennaya M.M., Vorobey A.V., Drapeza V.Y., Osipov A.N., Dick S.K., Thostov M. X.-M. Profile Forming of Infrared Cabin User's Biomedical Indicators. ICNBME-2019: 4-я Международная конференция по нанотехнологиям и биомедицинской инженерии. 2019; Volume 77: 421-425.