

использование программируемого источника энергии. В рамках эксперимента установлено, что продолжительность переключения ТЭС с режима охлаждения в режим нагрева и наоборот составляет 3,5 мин, что требует дальнейшей оптимизации конструкции и режимов работы прибора за счет использования более совершенных типов ТЭМ и применении в переходном режиме форсированного режима их работы. ТЭС апробирована в клинической практике, при этом после проведения 56 процедур для 9 пациентов наблюдались положительные эффекты в части оздоровительного и противовоспалительного процессов.

Список литературы:

1. Зубкова С.М. Роль тепловой компоненты в лечебном действии физических факторов // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2011. № 6. С. 3-10.
2. Боголюбов В.М., Сидоров В.Д. Физиотерапия в реабилитации больных ревматоидным артритом // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2012. № 2. С. 3-9.
3. Ушаков А.А. Практическая физиотерапия. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2009. 612 с.
4. Ежов В.В. Физиотерапия и физиопрофилактика как методы и средства сохранения и восстановления здоровья // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2011. № 4. С. 33-36.
5. Пономаренко Г.Н., Турковский И.И. Биофизические основы физиотерапии. – М.: Медицина, 2006. 176 с.
6. Баранов А.Ю., Шестаков О.А., Василенок А.В. Двадцать лет клинической эксплуатации отечественных аппаратов для общего криотерапевтического воздействия // Холодильная техника. 2018. № 5. С. 2-7.
7. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Набиев Н.А., Рагимова Т.А. Термоэлектрическое устройство для остановки кровотечения // Медицинская техника. 2019. № 2. С. 12-14.

8. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Набиев Н.А., Магомедова С.Г. Модель термоэлектрического устройства для теплового воздействия на рефлексогенные зоны // Медицинская техника. 2020. № 1. С. 40-43.
9. Анатъчук Л.И., Денисенко О.И., Шулунина О.В., Микитюк О.П., Коблянский Р.Р. Результаты клинического применения термоэлектрического прибора для лечения заболеваний кожи // Термоэлектричество. 2018. № 3. С. 55-70.
10. <http://www.kryotherm.ru> (дата доступа 09.02.2022).

Олег Викторович Евдулов,
д-р техн. наук, доцент,
Рустам Абу-Муслимович Магомадов,
канд. техн. наук, докторант,
кафедра теоретической и общей электротехники,
Мадина Миязуллахова Мирземагомедова,
канд. техн. наук, доцент,
кафедра прикладной математики и информатики,
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
технический университет»,
г. Махачкала, Республика Дагестан,
Рамазан Гусейнович Мирземагомедов,
студент,
лечебный факультет,
ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный
медицинский университет им. И.И. Мечникова»,
г. С.-Петербург,
Гарун Ильясевич Аминов,
канд. техн. наук, доцент,
начальник отдела,
отдел развития компетенций,
ГБОУ ВО МО «Университет Дубна»
(Дмитровский филиал),
г. Дмитров,
e-mail: ole-ole-ole@rambler.ru

А.Ю. Заславский, Ю.С. Гелис, Г.С. Маркаров, А.Г. Гудков, В.Ю. Леушин, С.В. Агасиева

Импульсный низкочастотный физиотерапевтический аппарат

Аннотация

Представлены результаты экспериментального исследования и медицинских испытаний аппарата импульсного низкочастотного физиотерапевтического «ИНФИТА-М». Аппарат «ИНФИТА-М» формирует лечебный физический фактор – импульсное низкочастотное электромагнитное поле нетепловой интенсивности с преимущественно электрической составляющей. Приведены результаты измерения напряженности импульсного низкочастотного электромагнитного поля в зоне терапии при дистанционном и локальном воздействиях. Результатами медицинских испытаний подтверждена эффективность аппарата «ИНФИТА-М».

Введение

В физиотерапии сформировалась тенденция ухода от интенсивных тепловых воздействий к низкоинтенсивным, слабым, нетепловым [1], [2]. Особый интерес представляют специфические действия малых доз физических факторов и наличие амплитудно-частотных «окон» слабых электромагнитных полей, вызывающие наиболее ощутимые биомедицинские эффекты. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в этом направлении были начаты в СССР в 1978 году согласно Постановлению Совета Министров СССР «О разработке физиотерапевтической аппаратуры для восстановления спортсменов после больших физических и эмоциональных нагрузок».

В результате был создан аппарат импульсной низкочастотной терапии «ИНФИТА» (далее по тексту – аппарат), на применение которого было получено разрешение Минздрава СССР

(РУ № 88/567-70 от 20.07.1988). Аппарат «ИНФИТА» выпускался по 2002 год и подтвердил эффективность использования нового лечебного физического фактора – импульсного низкочастотного электромагнитного поля (ИНЭМП). В процессе эксплуатации и медико-биологических исследований была проведена модернизация аппарата «ИНФИТА» с переходом на новую элементную базу и расширением его функциональных возможностей. В результате был создан аппарат импульсный низкочастотный физиотерапевтический «ИНФИТА-М».

Аппарат «ИНФИТА-М» (РУ № ФСР 2010/09331 от 01.12.2010) выпускается с 2002 года по настоящее время, а его общий вид показан на рис. 1.

Аппарат «ИНФИТА-М» формирует ИНЭМП, воздействующее дистанционно на оптико-вегетативную систему человека, контактно, наложением выносных электродов на область патологии или наложением отологической приставки «ЭЛЕМАГС» на область ушей.

Аппарат «ИНФИТА-М» не имеет аналогов за рубежом, защищен патентом РФ и имеет следующие технические характеристики: амплитуда выходного импульсного сигнала – 5, 10, 15 В; длительность фронта импульса – не более 3 мкс; полярность – отрицательная; фиксированные частоты следования выходных импульсов – 10...120 Гц; время процедуры – от 1 до 19 мин; электропитание от сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 220 В; мощность, потребляемая аппаратом, – не более 8 ВА; масса аппарата с комплектом принадлежностей – не более 2 кг.

Основная часть

Формирование ИНЭМП осуществляется на поверхности плоского излучателя, см. рис. 1 (выносная пластина – 1, отологическая приставка «ЭЛЕМАГС» – 2, зеркальный излучатель, поворачивающаяся панель – 4). На поверхность плоского излучателя подается импульсное напряжение отрицательной полярности с крутизной фронта $t_{\phi} = 0,3 \cdot 10^{-6}$ с и с частотой повторения 10...120 Гц. Выделим основную гармонику импульса напряжения, прикладываемого к плоскому излучателю:

$$T = 4t_{\phi} = 4 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ с} \approx 1 \text{ мкс.}$$

На поверхности излучателя при подаче на него импульсного напряжения возникают токи смещения, и каждый элемент поверхности можно представить в виде ненаправленного изотропного излучателя (диполь Герца). Максимальное зна-

чение частоты f_M излучаемой электромагнитной волны составляет

$$f_M = -1 / T = 1 \text{ МГц.}$$

Все пространство вокруг аппарата можно разделить на две зоны: ближняя – зона индукции $R_{И}$ и дальняя – зона излучения $R_{Из}$.

Ближняя зона, ограниченная сферой радиуса R , определяется неравенством

$$R \ll \lambda / (2\pi),$$

где λ – длина электромагнитной волны, которая определяется известным уравнением.

Радиус ближней зоны определяется неравенством

$$R \ll 300 / 6,28 \approx 50 \text{ м.}$$

Разделение на зоны позволяет при расчетах и измерениях электромагнитных полей ввести определенные упрощения. К ближней зоне относится часть пространства, непосредственно примыкающая к излучателю:

$$0 \leq R_{И} \leq 0,9 \text{ м.}$$

Область терапевтического воздействия целиком находится в ближней зоне (зона индукции) и составляет при использовании выносных пластин $0,5 \pm 0,1$ см, при использовании отологической приставки «ЭЛЕМАГС» составляет $2 \pm 0,4$ см,



Рис. 1. Общий вид аппарата «ИНФИТА-М»: 1 – выносные пластины; 2 – отологическая приставка «ЭЛЕМАГС»; 3 – корпус; 4 – поворачивающаяся панель с зеркальным излучателем; 5 – лицевая панель; 6 – адаптер сетевой

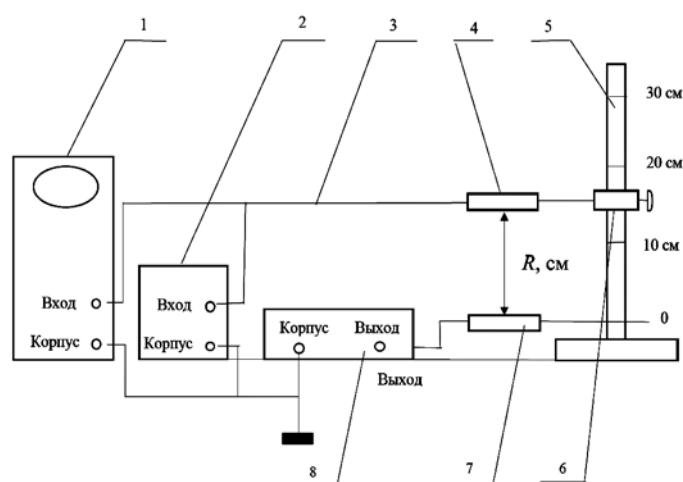


Рис. 2. Схема измерения напряженности ИНЭМП и огибающей спектра: 1 – осциллограф С1-127 (Госреестр СИ 75978-19); 2 – анализатор спектра FPC1000 (Госреестр СИ 68365-17); 3 – сигнальный кабель с делителем напряжения 1: 10 и RBX = 10 МОм; 4 – выносная пластина (подвижная); 5 – измерительная линейка с нониусными делениями; 6 – подвижная муфта с фиксатором; 7 – выносная пластина (неподвижная); 8 – аппарат «ИНФИТА-М»

при использовании зеркального излучателя аппарата «ИНФИТА-М» – 25 ± 5 см.

В зоне индукции электромагнитное поле имеет структуру поля электро-статического диполя. Такое поле сохраняет следы стационарности и называется квазистационарным электростатическим полем. Оно является потенциальным и характеризуется напряженностью $E = \text{grad } \phi$, где ϕ – электростатический потенциал.

Измерения проводились на серийном аппарате «ИНФИТА-М». ИНЭМП формировалось выносной (неподвижной) пластиной 7 размером 10 x 10 см, подключенной к гнезду ВЫХОД аппарата «ИНФИТА-М» (рис. 2). Сигнал принимался выносной (подвижной) пластиной 4, подключенной через сигнальный кабель 3 к гнезду ВХОД осциллографа 1 и гнезду ВХОД анализатора спектра 2. Корпус осциллографа и корпус анализатора спектра были изолированы от окружающих предметов. Расстояние между пластинами R фиксировалось подвижной муфтой 7 и измерялось по нониусной шкале измерительной линейки. Величина амплитуды сигнала $A(R)$ измерялась по экрану осциллографа.

Результаты измерения напряженности сведены в табл. 1.

Результаты измерения огибающей спектра приведены в табл. 2.

В результате испытаний установлено, что форма сигнала и его спектральные характеристики не зависят от расстояния, наблюдается падение амплитуды составляющих по гиперболическому закону в пределах от 10 до 200 кГц, влияние изменения частоты следования выходных импульсов в пределах 10...120 Гц на форму огибающей спектра не обнаружено.

Медицинские испытания аппарата «ИНФИТА-М» проводились в Клинической больнице № 83 ФМБА России под руководством к.м.н. заведующего ФТО Маркарова Г.С. Под наблюдением находилось больные с гипертонией 1-2 стадии (61 чел.), ревматоидным артритом (РА) (40 чел.), болезнью Паркинсона (37 чел.), больные с нарушением менструального цикла и психовегетативными расстройствами (35 чел.).

При лечении гипертонии воздействие осуществлялось через оптико-вегетативную систему при помощи зеркального излучателя на расстоянии 20...25 см, частота 40 Гц. Продолжительность процедуры составляла 3 мин, курс лечения – 10...12 процедур.

При лечении РА воздействие осуществлялось выносными электродами на область пораженных суставов, частота 40 Гц. Продолжительность процедуры составляла 10...19 мин, курс лечения – 10...12 процедур.

При лечении женщин с нарушением менструального цикла и психовегетативными расстройствами воздействие осуществлялось с зеркального излучателя в течение 3 мин, частота 30...40 Гц, курс лечения 10...12 процедур.

У всех исследуемых больных проводилась динамическая клиничко-лабораторная оценка состояния под влиянием проведенной терапии.

У абсолютного большинства больных под влиянием проведенной терапии отмечена положительная динамика по данным общепринятых в стационаре клиничко-лабораторных и инструментальных исследований. У больных гипертонией [1], [2] отмечалось снижение повышенного исходного (до начала лечения) артериального давления, улучшение мозговой активности, биоэлектрических процессов мозга по данным компьютерной электроэнцефалографии (регуляция амплитуды дельта-, тета-, бета- и альфа-волн, их модуляция по частоте) улучшение периферического кровообращения по данным реографии и других показателей, уменьшение частоты и интенсивности головных болей, улучшение настроения.

У больных РА после лечения отмечалось статистически достоверное улучшение показателей суставного синдрома и лабораторных показателей по сравнению с контрольными группами. У женщин с нарушением менструального цикла после лечения менструальный цикл нормализовался и купировались психовегетативные сдвиги. У больных паркинсонизмом после лечения купировался тремор, улучшилась походка и когнитивные способности.

Клиническая оценка аппаратной терапии проводилась непосредственно до и после первой процедуры в середине и конце курса лечения. Положительная динамика клинической симптоматики отмечалась уже после первой-третьей процедуры у абсолютного большинства больных (у 84 % обследуемых). Эффективность курса лечения составила 93 %. В группах больных, сопоставимых по нозологии и клинике, где не применялась аппаратная физиотерапия, эффективность лечения составила 73 %.

Медицинские испытания аппарата «ИНФИТА-М» проводились в Российском государственном медицинском университете на кафедре детской оториноларингологии под руководством д.м.н. Сапожникова Я.М. на 25 больных в возрасте от 5 до 16 лет (20 больных с хронической нейросенсорной тугоухостью I-III степени и 5 больных с острым средним отитом с нейросенсорным компонентом тугоухости). Аудиологический диагноз устанавливался на основании результатов исследования слуха посредством тональной (игровой) аудиометрии (аудиометр МА-31, Германия) и акустической импедансометрии (акустический импедансометр «Timpstar», США).

Лечение ИНЭМП проводили по следующей схеме: у детей до 12 лет первая процедура: время 9 мин, частота 40 Гц; вторая процедура: время 9 мин, частота 60 Гц. Длительность последующих процедур увеличивали до 18 мин (две процедуры подряд по 9 мин). Изменение частоты осуществляли по схеме: 40-60-80-80-120-80-80-60-40-60 (-40-60) Гц. Курс лечения составлял 10...12 процедур. Процедуры проводили ежедневно. У маленьких детей процедуру разделяли на две части по 9 мин и делали перерыв на 15...30 мин для отдыха.

У больных проводилось динамическое исследование слуха. Лечение проводили в комплексе с традиционной медикаментозной терапией: витамины В1 и В2 и АТФ внутримышеч-

Таблица 1

Результаты измерения напряженности

R , см	$A(R)$, В	Расчетная формула	Результат E , В/см	Погрешность измерения, %
0,5	3,3	$E = - [A(0,6) - A(0,5)] / (0,6 - 0,5) = (2,5 - 3,3) / 0,1$	8	20
0,6	2,5			
2,0	0,5	$E = - [A(2,4) - A(2,0)] / (2,4 - 2,0) = (0,26 - 0,5) / 0,4$	0,6	20
2,4	0,26			
20	0,048	$E = - [A(24) - A(20)] / (24 - 20) = (0,005 - 0,048) / 4$	0,01	20
24	0,005			

Таблица 2

Результаты измерения огибающей спектра

A , мВ	250	112	54	20	8	4
f , кГц	10	25	50	100	150	200

но или экстракт алоэ подкожно, ксантинол инкотинат, трентал, апилак в таблетках.

У больных с острым средним отитом с нейросенсорным компонентом тугоухости и смешанной формой тугоухости лечение проводили при помощи аппарата «ИНФИТА-М» с приставкой «ЭЛЕМАГС» на фоне проведения антибактериальной и противовоспалительной терапии.

При лечении больных с острым средним отитом с нейросенсорным компонентом тугоухости и смешанной формой тугоухости наблюдали улучшение клинической симптоматики: улучшение самочувствия, уменьшение и прекращение болей в ушах (оталгии) после 1...2 сеансов ИНЭМП-терапии. Улучшение слуха на 25...40 дБ во всем аудиометрическом диапазоне отмечено у 80 % больных при полной ликвидации нейросенсорного компонента тугоухости, что в два раза эффективнее, чем при традиционном лечении.

При лечении больных с нейросенсорной тугоухостью улучшение состояния отмечено у 75 % больных. Повышение остроты слуха на 15...25 дБ наступило у 25 % больных. Субъективный шум в ушах прекратился у 54,5 % больных, а у остальных его интенсивность уменьшилась. Кроме этого, большинство больных, у которых не удалось выявить достоверного улучшения слуха на аудиограмме, отмечали субъективное улучшение слуха, что проявлялось повышением разборчивости речи, в том числе при пользовании слуховым аппаратом.

Осложнений и побочных эффектов не наблюдалось. Проведенные клинические испытания показали эффективность аппарата «ИНФИТА-М» с приставкой «ЭЛЕМАГС» в лечении нейросенсорной тугоухости.

Заключение

Аппарат импульсный низкочастотный физиотерапевтический «ИНФИТА-М» формирует лечебный физический фактор – импульсное низкочастотное электромагнитное поле нетепловой интенсивности с преимущественно электрической составляющей. Величина электрической составляющей напряженности ИНЭМП в зоне терапии имеет следующие значения: на поверхности выносной пластины – 8 В/см, на поверхности отолгического приставки «ЭЛЕМАГС» – 0,6 В/см, от зеркального излучателя – 0,01 В/см. Проведенные клинические ис-

пытания показали эффективность применения аппарата «ИНФИТА-М» в широкой клинической практике.

Список литературы:

1. *Иноземцев В.В.* Методические рекомендации № 10-11/142 «Применение импульсной низкочастотной терапии с аппарата ИНФИТА» / МЗ СССР. Главное управление лечебно-профилактической помощи. – М., 1988. С. 7.
2. *Маркаров Г.С.* Инфитатерапия. В справочнике «Техника и методика физиотерапевтических процедур» / Под ред. В.М. Боголюбова. – М.: Изд-во «БИНОМ», 2017. С. 430-433.

Анатолий Юрьевич Заславский,
канд. техн. наук, начальник отдела,
Юрий Самуилович Гелис,
ведущий инженер,
НТЦ «НИЭМИ» СКБ-3,
ПАО «НПО «Алмаз»,
Гаврил Суменович Маркаров,
канд. мед. наук, на пенсии,
Александр Григорьевич Гудков,
д-р техн. наук, профессор,
кафедра «Технологии приборостроения»,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»,
генеральный директор,
ООО «НПИ ФИРМА «ГИПЕРИОН»,
Виталий Юрьевич Леушин,
канд. техн. наук, зам. генерального директора,
ООО «НПИ ФИРМА «ГИПЕРИОН»,
Светлана Викторовна Агасиева,
канд. техн. наук, доцент,
кафедра нанотехнологий и
микросистемной техники,
ФГАОУ ВО «Российский университет
дружбы народов»,
г. Москва,
e-mail: ooo.giperion@gmail.com

С.Г. Ворончихин, М.А. Туев

Установка для подогрева растворов в трансфузионно-инфузионной терапии

Аннотация

Исследована возможность применения вихревого эффекта в такой категории медицинского оборудования, как подогреватели трансфузионно-инфузионных растворов. Представлена структурная схема созданной установки, а также приведены результаты пробных экспериментов. Обозначена возможность повышения технологической эффективности установки за счет автоматизации процесса выбора и поддержания необходимого давления, а также оптимизации производительности используемой вихревой трубки Ранка-Хилша.

Введение

Основные периоды развития инфузионной терапии связаны с теми этапами развития человечества, где присутствует особенно высокий риск гибели человека от острой кровопотери, тяжелой дегидратации и других нарушений водно-электролитного обмена [1].

Характерной особенностью подобных патологических состояний являются выраженные нарушения гомеостаза, например волевические, водно-электролитные, расстройства кислотно-основного состояния, нутритивная недостаточность, а также обширные повреждения тканей, наличие распространенного гнойно-септического процесса и обширная кровопотеря. Внутрисосудистое введение крови, ее компонентов или кровезаменителей, а также растворов лекарственных или диагно-

стических средств позволяет внутривенно предоставить компоненты, способные улучшить физиологическое состояние пациента [2]-[4].

Вводимые внутривенно лекарственные, питательные и кровезамещающие растворы должны быть определенной температуры для предотвращения развития патологических состояний гипотермии или гипертермии. Желательная целевая температура должна составлять порядка +(36...37) °С. Термостатирование вводимых растворов является одним из обязательных средств оптимизации термобаланса и профилактики гипотермии и гипертермии пациента в интра-, послеоперационный и реабилитационный периоды [5]-[7].

В настоящее время существуют различные виды технических устройств для термостатирования препаратов крови, кровезаменителей и других жидких лекарственных или питатель-