

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЭКИПАЖЕЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

© И. А. Алпатова<sup>1</sup>, А. А. Витушкин<sup>2</sup>, И. И. Соколовский<sup>3</sup>, А. Ю. Филиппова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Міська лікарня № 17 м. Дніпропетровська

<sup>2</sup>Інститут технічної механіки НАНУ і НКАУ

<sup>3</sup>Інститут транспортних систем і технологій НАНУ

<sup>4</sup>Інститут гастроентерології АМНУ

Розглянуто генератор аксіальних, радіальних і тангенціальних магнітних полів для впливу на біологічні об'єкти, який дозволяє здійснювати корекцію функціонального стану екіпажів космічних апаратів.

Экипажи космических аппаратов (КА) подвергается воздействию разнообразных дезорганизующих факторов — физическим перегрузкам при старте и пуске, невесомости (мощный биологический фактор на клеточном уровне), гипомагнитных полей, вызывающих нарушение обменных процессов и воспалительные процессы небактериального происхождения вследствие чего частым проявлением указанных воздействий являются нарушения деятельности опорно-двигательного аппарата, желудочно-кишечного тракта и др. [1]. Технологии послеполетной реабилитации достаточно хорошо разработаны. Нерешенной задачей является коррекция функционального состояния экипажей КА во время выполнения профессиональных задач на орбите. Важно при этом, чтобы соответствующая коррекция могла быть выполнена самими космонавтами с минимальным риском побочных реакций. Такая возможность заключается в использовании низкоинтенсивных (тысячных долей тесла) переменных магнитных полей специальной энерго-частотной и поляризованной структурой, имманентной биоинформационным процессам в организме человека [2]. Установлено, что указанные магнитные поля, именуемые вихревыми [2—4], позволяют, в частности, безмедикаментозным способом регулировать кислотность желудочного содержимого у пациентов с нарушениями протеолитической активности желудочного сока как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Установлено также, что путем воздействия магнитными полями указанной векторно-частотной структуры на соответствующие зоны на теле человека удается эффективно лечить синдром позвоночной артерии, улучшить питание мышечных и суставных тканей, уменьшить мышечную усталость, предотвратить возникновение гиперстоза, нормализовать подвижность суставов, увеличить кистевую силу, и в ряде случаев — свести к минимуму появление костной пролиферации, ус-

ранить головную боль и бессонницу.

Результаты клинических исследований по реабилитации лиц с нозологиями, наиболее часто встречающимися среди космонавтов — нарушения кислотности желудочного содержимого, нарушения питания мышц и суставов с использованием генераторов магнитных полей, описанных в [3, 4], позволяют сделать выводы о перспективности применения магнитных полей указанного типа для коррекции функционального состояния членов экипажа КА во время выполнения ими профессиональных задач на орбите. Используемые генераторы магнитных полей позволяют осуществлять воздействие магнитными полями, имеющими аксиальную, радиальную и тангенциальную составляющие индукции магнитного поля, что соответствует трехмерному строению микроциркуляторного русла и артериовенозных анастомозов в организме человека, обеспечивая физиотерапевтические эффекты [2—4].

Однако отсутствие в указанных генераторах возможности динамического изменения напряженности магнитного поля и периодического изменения площади омагничивания, отсутствие вариаций амплитудных и частотных характеристик генерируемых магнитных полей, адекватных вариациям магнитного поля Земли, обусловленных влиянием космических и геофизических факторов, и формирующих адаптационные реакции, снижает количество биотропных параметров магнитного поля и соответственно терапевтическую эффективность при использовании их на орбите.

В основу нашей работы поставлена задача усовершенствования генератора магнитных полей для воздействия на биологические объекты с целью повышения терапевтического эффекта, устранения побочных влияний и расширения функциональных возможностей, тем самым делая его пригодным для осуществления коррекции функционального состояния экипажей КА во время выполнения професси-



ональных задач на орбите.

Поставленная задача была решена тем, что генератор магнитных полей для воздействия на биологические объекты содержал корпус с крышкой, привод, на валу которого размещен опорный диск и источник магнитного поля. Последний выполнен в виде диска из магнитопрозрачного материала с симметрично относительно диска расположенными вдоль радиуса подвижными магнитами и неподвижного магнита, расположенного в магнитопрозрачной крышке корпуса. При этом торцевые грани магнитов, расположенных на опорном диске, обращенные к объекту воздействия, скошены в направлении кольцевых линий, в диске из магнитопрозрачного материала выполнены пазы с ограничительными стенками, ориентированные вдоль радиусов, с размещенными в них подвижными магнитами, преимущественно в виде тетрагональной призмы и спиралевидными возвратными пружинами. Каждый из магнитов одним своим торцом, лежащим в плоскости поперечного сечения паза, примыкает к ближней относительно центра диска ограничительной стенке, вторым торцом — к возвратной спиралевидной пружине, удаленный от центра диска конец которой примыкает к дальней ограничительной стенке, расположенной на периферии диска, причем поперечное сечение паза соответствует сечению подвижного магнита в плоскости, перпендикулярной к основанию диска. Подвижные магниты, расположенные на различных радиальных линиях, выполнены разновеликими с чередующейся от радиуса к радиусу полярностью и размерами, причем магниты, расположенные на радиальных линиях одного диаметра, имеют одинаковую массу, а неподвижный магнит, преимущественно в виде гексагональной призмы, обращенной к биообъекту южным (отрицательным) полюсом, выполнен из анизотропного материала, причем угол между вектором намагниченности и продольной осью магнита составляет  $\pm (15...60^\circ)$ .

В статическом состоянии магнитные силовые линии, выходящие из северного полюса подвижных магнитов, проходят через биообъект и замыкаются на южном полюсе неподвижного магнита и южных полюсах подвижных магнитов на соседнем радиусе. При этом плотность силовых линий индукции и их ориентация в омагничиваемом объекте неравномерны и определяются ориентацией вектора намагниченности неподвижного магнита, размерами площади подвижных магнитов при заданной намагниченности и расстоянием между неподвижным магнитом и подвижными магнитами, причем вследствие указанного взаимного расположения магнитов магнитное поле в биообъекте имеет три компоненты — аксиальную, радиальную и тангенциальную, и их величины могут быть определены численно и

измерены экспериментально.

При вращении диска с массивом магнитов вследствие центробежных сил, воздействующих на подвижные магниты, последние начнут перемещаться по пазам вдоль радиальных линий, и величина этого перемещения зависит от конструкции устройства. Из уравнения Лагранжа для движения тела массой  $m$  по окружности, учитывающего момент инерции тела относительно оси  $I = mR^2$ , где  $R$  — расстояние тела от оси, потенциальную энергию тела, являющуюся функцией массы и пространственного положения тела, следует, что при равном угловом ускорении для системы тел разных масс, расположенных на вращающемся диске, удаление тел разных масс от оси при заданных упругих свойствах возвратных пружин пропорционально их массе и зависит от пространственной ориентации оси вращения. Так, при горизонтальном положении диска тела всех масс будут совершать круговые траектории, при отклонении от горизонтального — эллиптические с фокусным расстоянием, зависящим от массы тела [5]. При увеличении скорости вращения диска подвижные магниты будут удаляться от центра, при снижении (под действием возвратных пружин) — приближаться к центру, образуя расширяющиеся-сужающиеся, т. е. бегущие поля. Причем, так как подвижные магниты скошены в направлении кольцевых линий, то аксиальная составляющая поля в биосреде изменяется как плавно, при прохождении каждого из подвижных магнитов переменной высоты и, соответственно, с изменяющимся расстоянием между биообъектом и полюсом магнита, так и скачкообразно — при переходе от магнита на одной радиальной линии к магниту на другой радиальной линии. В соответствии с первым уравнением Максвелла изменения во времени магнитной индукции порождают в биосреде вихревые электрические поля, которые в свою очередь порождают в биосреде переменные магнитные поля. Математическое моделирование и экспериментальная проверка структуры электрических и магнитных полей показывает, что разработанный генератор продуцирует переменные электрические и магнитные поля, содержащие продольную, радиальную и тангенциальную составляющие, т. е. в биосреде они создают объемный электромагнитный вихрь, параметры которого — омагничиваемая площадь, величина магнитной индукции различных пространственных компонентов, спектральная плотность стимулирующих воздействий — могут быть заданы формой и мерой анизотропии подвижных и неподвижного магнитов и в динамике могут быть изменены скоростью вращения массивов подвижных магнитов. Это позволяет оптимизировать лечебный или корректирующий процесс магнитотерапии, так как организму предъявляются широко-



полосные потоки высококогерентных электромагнитных волн, которые в соответствующих базовых концепциях, являются одним из видов буферных систем живых организмов. Возможность изменять площадь омагничивания и скорость этого изменения позволяет создавать сужающиеся-расширяющиеся, т. е. бегущие магнитные поля без изменения взаимного расположения биообъекта и источника магнитного поля (последний может быть установлен на теле человека или в спинку кресла космонавта) — позволяет осуществлять лечебные процедуры при строго детерминированных параметрах физиотерапевтического воздействия, обеспечить согласование направления распространения бегущих магнитных полей с направлением лимфотока и кровотока, ориентации мышечных волокон, направлением ионных токов и расширить таким образом функциональные возможности устройств.

Электромагнитный вихрь в соответствии с законом электромагнитной индукции Фарадея на диаметрально противоположных точках кровеносных сосудов, лежащих в плоскости перпендикулярной к линиям магнитной индукции и направления кровотока по сосуду, создает ЭДС, величина которой определяется размерами (длинной) сосуда в плоскости приложения магнитного поля, скоростью кровотока, величиной индукции магнитного поля (см. выше) и ее вариаций во времени и по направлению, обеспечит электростимуляцию кровеносных сосудов всех ориентаций как на поверхности организма, так и в его объеме в силу высокой проникающей способности магнитных полей, причем указанная стимуляция охватывает практически всю поверхность кровеносных сосудов, обильно снабженных электрорецепторами. Скачки индукции магнитного поля при переходе подвижных магнитов на одной радиальной линии к магнитам на соседней радиальной линии или при скачкообразных изменениях скорости вращения привода и, соответственно, скачкообразных перемещениях магнитов вдоль пазов приводят к возбуждению в биообъекте, как среде гетерогенной, механических колебаний, переменных как по силе, так и по направлению, т. е. в биосреде возникают кавитационные колебания, наблюдаемые не только в модельных экспериментах, но и проявляющиеся в сенсорных реакциях пациентов. Осуществляемая за счет этого вибростимуляция в соответствии с существующими представлениями о механовоздействии приводит к усилению диффузных процессов, изменению ионного состояния и процессов окисления. Вибростимуляция специфических первичных рецепторов в биологически активных точках кожи или рефлексогенных зон вызывает интенсивный поток афферентной импульсации с периферии в центральную нервную систему, которая рефлектор-

ным путем воздействует на общие регуляторные механизмы иннервации сосудов, повышает объем микроциркуляторного русла, увеличивает объем циркулирующей артериальной крови и транспорт кислорода, что положительно сказывается на характере метаболических процессов, ведет к ликвидации застойных явлений, улучшению трофики омагничиваемых тканей, улучшению функционирования органов и систем, проекциями которых являются омагничиваемые биологически активные зоны.

Возможность изменять направление и скорость вращения привода в генераторе магнитных полей позволяет изменять направление циркуляции электромагнитных вихрей и порождаемых ими кавитационных волн и таким образом согласовать с целью усиления терапевтического эффекта с направлением потока энергии в тех меридианах, биологически активных точек, на которых расположены точки воздействия: при лечении заболеваний желудка, желчного пузыря необходимо правостороннее (по часовой стрелке) вращение магнитного поля; при лечении поджелудочной железы, печени необходимо левостороннее (против часовой стрелки) вращение. При лечении воспалительных повреждений пародонта (генерализованный пародонтит) необходимо левостороннее, при дистрофических (пародонтоз) — правостороннее вращение. Причем указанное направление радиальной и тангенциальной (торсионной) составляющих магнитного поля концептуально соответствует рекомендуемому в акупунктуре направлению (левому-правому) вращения вводимых в биологически активные точки акупунктурных игл [6] при лечении указанных заболеваний. Так как устройство генерирует широкополосные потоки высококогерентных магнитных полей с разнообразными поляризационными характеристиками, то биообъект имеет возможность из предъявленного спектра магнитных полей выбрать тот участок спектра или ту его составляющую, которые согласованы с собственными спектральными и пространственно-временными характеристиками, т. е. может происходить взаимодействие по типу, который Н. Винер назвал «тем, кого это касается» [7], имея в виду, что структуры организма воспринимают только «нужные» и доступные сигналы для данного состояния организма и что здоровый организм мало чувствителен к магнитным полям в большом частотном и динамическом диапазоне. Это означает также, что подбор индивидуальных «истинно терапевтических частот» значительно облегчен, что имеет значения при применении аппарата в условиях космических полетов. Изменяя скорость вращения привода получаем возможность не только изменять площадь омагничивания, но и сдвигать в ту или иную сторону спектр генерируемых магнитных полей и тем самым охва-



тывать значительное число биообъектов, биотропных параметров физиологического воздействия, изменять функциональное состояния клеток, органов, систем организма. Возможность изменять направление вращения привода позволяет согласовать направление потоков магнитного поля с направлением потоков энергии и токов в меридиане: можно достичь суммирования энергий и этим достичь реакции активации; можно также используя встречное подключение (суммирование энергий в противофазе), обеспечить диспергирование соответствующего меридиана, развить седативный (успокаивающий), противоопухолевый или анальгетический эффект.

Так как современные приводы (механические, электрические, пневматические) обеспечивают скорость вращения  $N$  от 0.01 до 600 000 об/мин, а связь между скоростью вращения и частотой  $F_{\text{тер}}$  генерируемого магнитного поля по основному тону определяется как  $N = 60F_{\text{тер}}/k$ , где  $k$  — количество радиальных линий и так как генерируемое устройством магнитное поле — многовекторное со сложной амплитудно-частотной модуляцией пространственных составляющих, то представленный генератор может в максимальной мере воспроизводить энергочастотную и поляризационную структуру геомагнитных полей, обеспечивших эволюционное формирование механизмов нейрогуморальной регуляции. Поэтому использование переменных магнитных полей, генерируемых представленным устройством, эффективно в восстановлении адаптационных реакций у операторов, находящихся в полностью или частично экранированных от геомагнитных полей помещениях (космонавты, экипажи подводных лодок) с тем, чтобы обеспечить ситуационно-оптимальное взаимодействие организма с окружающей средой.

Выполнение подвижных магнитов скошенными в радиальном направлении обеспечивает при смене направления вращения возможность изменять характер ввода магнитного поля в отдельные области биообъекта: вводить медленно — выводить быстро, если расстояние между скошенной (наклонной) поверхностью магнита и биообъекта уменьшается, начиная с максимального значения, при повороте диска. Напряженность магнитного поля в указанном промежутке нарастает медленно до максимального значения, после чего скачкообразно снижается до минимальной. При обратном ходе привода напряженность магнитного поля от максимальной плавно меняется до минимальной. Такой характер ввода и вывода в биообъект магнитных полей концептуально соответствует принятому в акупунктуре способу введения игл в биологически активные точки: реакция активации достигается при медленном вращении иглы и быстрым ее извлечении; реакция седатации — при обратной картине. Ис-

пользование неподвижного магнита в виде гексагональной призмы со смещенной осью намагниченности относительно ее продольной оси обеспечивает достаточно высокую плотность и равномерность спектра магнитных полей даже при малых скоростях вращения привода. Оптимальный интервал углов между осью намагниченности и продольной осью неподвижного магнита ( $15...60^\circ$ ) уже по нижнему пределу позволяет заметно модифицировать (обогащать) частотный спектр полей. Эффект возрастает с увеличением указанного угла и снижается при углах более  $60^\circ$ . Выполнение подвижных магнитов, расположенных на одном диаметре, с равными массами позволяет избежать гироскопических эффектов, обеспечивает геометрическую и весовую симметрию и, соответственно, минимальную нагрузку на привод.

На рис. 1 изображен общий вид индуктора-генератора магнитных полей (крышка условно не показана), на рис. 2 — разрез по радиусам расположения подвижных и неподвижных магнитов, где 1 — корпус, 2 — крышка корпуса, 3 — опорный диск, 4 — вал привода, 5, 6, 7 — подвижные магниты, 8 — неподвижный магнит, 9 — паз, 10 — возвратная спиралевидная пружина, 11, 12 — ограничительные передняя и задняя стенки.

На рис. 3 показано пространственное распределение составляющих магнитного поля.

Разработанный магнитотерапевтический аппарат на базе высокоэнергетических магнитов системы неодим-железо-бор (производства ООО «Экспромаг», г. Днепродзержинск) был апробирован при лечении нейродерматозов, стоматологических заболеваний (генерализованного пародонтита), печени (жирового гепатоза). В комплексном лечении ука-

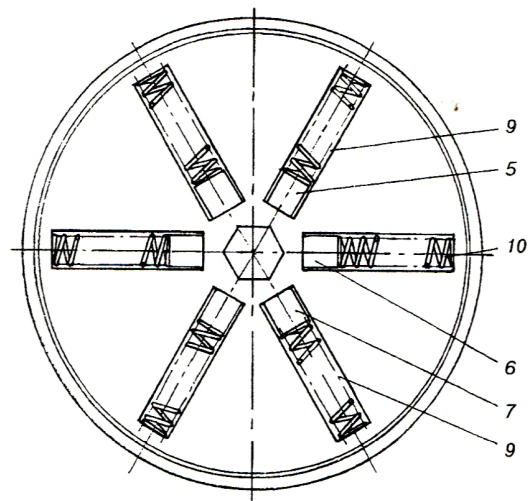


Рис. 1. Индуктор-генератор магнитных полей (общий вид)



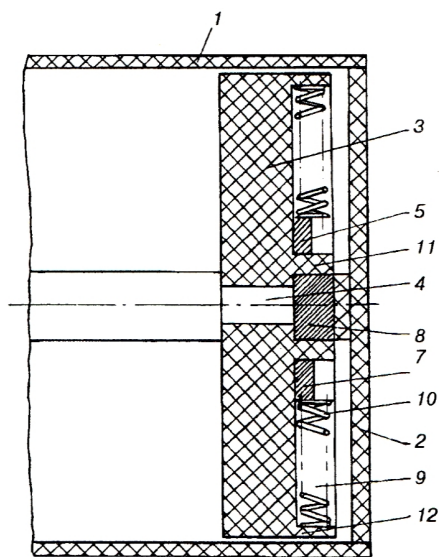


Рис. 2. Индуктор-генератор магнитных полей (разрез по радиусам)

занных заболеваний, включающем традиционные лечебные средства и магнитные поля, эффективность была существенно выше чем при использовании только традиционных средств. Эффективность создаваемых аппаратом магнитных полей была установлена и при обработке воды и ряда биологических жидкостей. Так при обработке воды сила ее поверхностного натяжения снижалась с 73 до 55 дин. Такое снижение поверхностного натяжения обеспечивает сцепление воды с частицами налета на зубах и частицами в карманах десневой ткани, что приводило к уменьшению глубины карманов и в целом снижался воспалительный процесс ткани пародонта, редокс-показатель слюны снижался с 24.9 до 24.6 (оптимальное значение 21.5...23.5). При лечении печени достигалось нормализация функционирования печени по основным биохимическим показателям — улучшался белковый обмен, биосинтетическая деятельность и пигментный обмен. При лечении нейродермитов достигалось увеличение адаптационных реакций (по Гаркави), биоэнергетические показатели экстероцептивных зон (по Макацу) после курса лечения входили в зону функционального энергетического равновесия между симпатогенной и парасимпатическими нервными системами, нормализовалось артериальное давление.

При практическом использовании на орбите применение аппарата может осуществляться как активно — космонавт удерживая генератор магнитных полей с автономным питанием, омагничивает

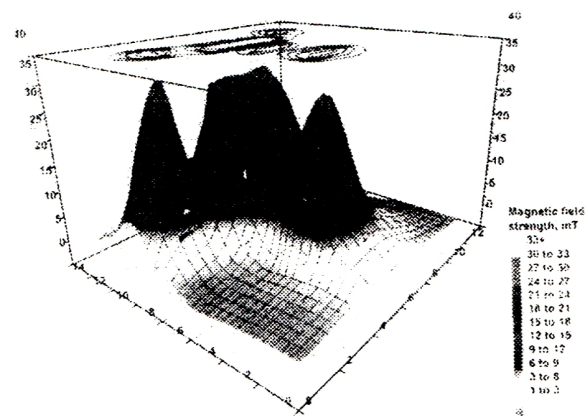


Рис. 3. Пространственное распределение составляющих магнитного поля.

соответствующие участки тела, так и пассивно — в профилактических целях путем установления аппаратов в спинку кресла космонавта.

1. Готовский Ю. В., Перов Ю. Ф. Особенности биологического действия физических факторов малых и сверхмалых интенсивностей и доз. — М.: Имедис, 2000.—192 с.
2. Руденко А. И., Соколовский С. И., Филиппов Ю. А. Вихревые магнитные поля в медицине и биологии // Вестник новых медицинских технологий.—2000.—7, № 1.—С. 46—57.
3. Руденко А. И., Соколовский С. И., Филиппов Ю. О. Магнитотерапевтический аппарат // Патент на винахід № 29009 А — МПК 6A61N2/02. — Заяв. 02.12.97. — 1999.— Бюл. № 8.
4. Руденко А. И., Соколовский С. И., Филиппов Ю. О. Пристрій для генерування магнітних полів // Патент на винахід № 33203 А — МПК 6A61N2/08. — Заяв. 15.11.99. — 2001. — Бюл. № 1.
5. Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э. Теория колебаний. — М.: Наука, 1981.—С. 137—143.
6. Лувсан Гаваа. Очерки методов восточной рефлексотерапии: 2-е изд. — Киев: Здоровье, 1986.—431 с.
7. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине: 2-е изд. Пер. с англ. — М.: Сов. радио, 1968.—326 с.

#### ELECTROMAGNETIC METHODS OF CORRECTION OF A FUNCTIONAL CONDITION OF CREWS OF SPACE CRAFTS

I. A. Alpatova, A. A. Vitushkin, I. I. Sokolovsky,  
A. U. Philippova

The article describes the device — source of variable magnetic fields representing a combination of mobile and fixed permanent magnets and interacting among themselves, that allows to execute effect by magnetic fields having axial, radial and tangential components of induction of a magnetic field, that corresponds to a three-dimensional constitution of a microcirculatory channel and arteriovenous anastomoses in an organism of the astronaut, providing miscellaneous physiotherapeutic effects.