

плавления, что делает этот сплав, в независимости от форм, температуростойким.

Таким образом, данное исследование позволяет установить параметры эскиза образа детали и методику обработки деталей, позволяющее с ориентировать эффективность производства, то есть позволит соблюдать сроки гарантии, диапазон использования, а также гарантию экономического роста.

#### Список литературы

1. Контроль и испытание «Деформирование и разрушение сплава в-1461в условиях квазистатиче-

ского и динамического локального нагружения» А.В. Игнатова, О.А. Кудрявцев, С.Б. Сапожников Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск (УДК 620.172.254)

2. Костиков В.И. Структура и свойства алюмоматричных композиционных материалов, полученных в нестационарном силовом поле и упрочненных наноразмерными добавками / Костиков В.И., Лопатин В.Ю., Еремеева Ж.В., Симонова Е.В., Капланский Ю.Ю., Шарипзянова Г.Х., Латыпов Р.А., Агеев Е.В. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2014. № 1. С. 52-60.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В МЕДИЦИНЕ



### Карпунькина Ксения Дмитриевна

Студентка факультета машиностроения,  
Московский политехнический университет



### Барминов Николай Сергеевич

Студент факультета машиностроения,  
Московский политехнический университет



### Берков Николай Андреевич

к.т.н., доцент кафедры « Математика»  
Московский политехнический университет

**Аннотация:** В настоящее время в медицине все чаще используют немедикаментозные методы лечения, в том числе применяют и электромагнитные поля. Действие электромагнитных полей, их огромные возможности применения при многих заболеваниях, доступность метода обратили внимание на широкие лечебные свойства электромагнитных полей. С помощью математического описания можно увидеть влияние электромагнитного поля на организм человека используя дифференциальное уравнение Максвелла.

**Abstract:** Currently in medicine more likely to use non-drug treatments, including use and electromagnetic fields. The effect of electromagnetic fields, their vast application possibilities in many diseases, the availability of the method drew attention to the broad medicinal properties of electromagnetic fields. Using the mathematical description, you can see the influence of electromagnetic fields on the human body using the differential equation of Maxwell.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, теория электромагнитных полей, методом Лапласа и Штурма—Лиувилля, дифференциальные уравнения.

**Key words:** mathematical modeling, theory of electromagnetic fields by the method of Laplace and Sturm—Liouville differential equation.

**Введение.** Исследования действия электромагнитных полей на людей и животных ведутся уже на протяжении многих лет. За последние тридцать лет 75% населения Земли переселились в города, и люди стали использовать электричество, а, следовательно, и ЭМП практически везде. Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) учреждена программа «Электромагнитные поля и здоровье человека» [8]. Этой проблеме уделяется пристальное внимание во всем мире. На примере более двух тысяч клинических случаев было продемонстрировано успешное применение импульсного электромагнитного поля для лечения артритов, депрессии, гипертонии, рассеянного склероза, болезни Альцгеймера, эпилепсии, остеопороза, болей, воспалений и болезни Паркинсона.

**Цели исследования:** изучить применение электромагнитных полей в медицине.

**Задачи исследования:**

1. Исследовать электромагнитные поля с помощью дифференциальных уравнений методом Лапласа.

2. Проанализировать применение электромагнитных полей в медицине.

**Объект исследования:** электромагнитные поля.

В медицине применяются электромагнитные поля практически во всем диапазоне – от гамма-рентгеновского и ультрафиолетового (для разрушения опухолей или влияния на другие патологии) – эти поля могут быть и полезными, и вредными. Сплошной направленный поток заряженных частиц напряжением 60–80В используют в физиотерапии, как пример – гальванизация [1–3]. Отмеряют плотность и силу потока по показаниям миллиамперметра, при этом обращают пристальное внимание на предельно допустимую плотность тока – 0,1 мА/

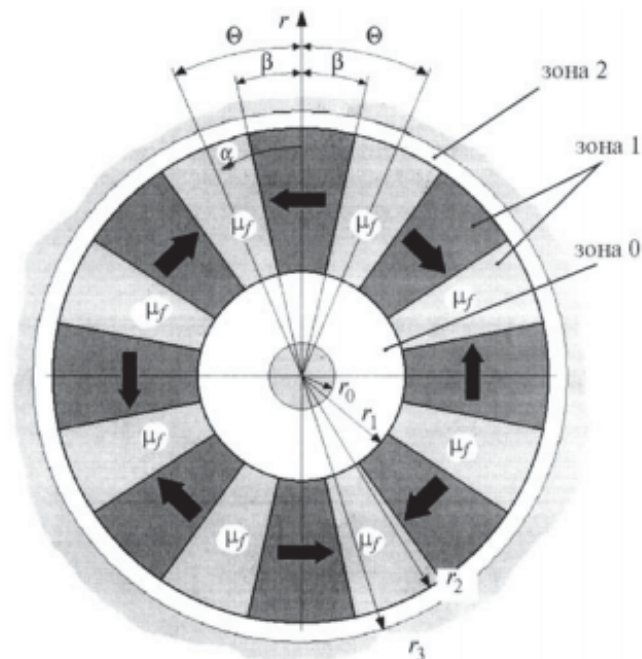
Поскольку особое физиотерапевтическое действие электротока обуславливается формой импульсов, то в медицине для воздействия на ЦНС, нервно-мышечную, сердечно-сосудистую систему (кардиостимуляторы, дефибрилляторы), используют токи с разной временной регрессией. Ток с толчками прямоугольной формы с продолжительностью импульсов  $t=0,1-1$  мс и размахом частот 5–150 Гц, силы (до 2–3 А) используют для лечения электросном, токи с  $t=0,8-3$  мс и диапазоном частот 1–1,2 Гц применяют в искусственных кардиостимуляторах. Ток с импульсами треугольной формы  $t=1-1,5$  мс, частота 100 Гц, а также ток экспоненты, импульсы которого медленно растут и сравнительно быстро падают ( $t=3-60$  мс, частоты 8–80 Гц) применяют для стимуляции мышц, в основном в электрогимнастике. Амплипульстерапия – метод электротерапии, при котором воздействуют импульсы синусоидального модулированного направленного потока заряженных частиц малой силы (аппараты «Амплипульс 1-2-3-4-5») [7].

Изучим влияние электромагнитного поля на организм человека используя дифференциальное уравнение Максвелла.

**Результаты исследования:**

Математическое описание поля возбуждения машины с тангенциальной намагниченностью постоянных магнитов.

**Расчетная схема:**



**Рис. 1. Математическое описание поля**

Постоянные магниты и полюса из магнитной мягкой стали с конечной магнитной проницаемостью расположены между двумя идеальными ферромагнетиками (валом ротора и гладким статором) и отделены от них двумя немагнитными зазорами [6]. Таким образом, расчетная область разбивается на три зоны: технологический немагнитный зазор (зона 0), дискретно-однородную структуру магнитов и полюсов (зона 1) и рабочий зазор (зона 2). Начало координат совпадает с серединой постоянного магнита. Магнитное поле является функцией координат  $r$  и  $\alpha$ . В зоне 1 скалярный магнитный потенциал описывается дифференциальным уравнением (1):

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial \varphi_1}{\partial r} \right) + \frac{1}{\mu_r(\alpha)} \frac{\partial}{\partial \alpha} \left( -B_0 \left( r, \alpha + \frac{\mu_\alpha(\alpha)}{r} \frac{\partial \varphi_1}{\partial \alpha} \right) \right) = 0$$

В немагнитных зазорах скалярный магнитный потенциал удовлетворяет уравнению Лапласа:

$$r^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + r \frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \alpha^2} = 0 \quad (2)$$

Общее решение уравнения (1) также приведено в (3) и представляется в виде суммы кусочно непрерывных собственных функций задачи Штурма–Лиувилля (3):

$$\varphi_1(r, \alpha) = \begin{cases} C_1^* \alpha, & 0 \leq \alpha \leq \beta \\ C_1^* \beta, & \beta \leq \alpha \leq \theta \end{cases} +$$

$$+ \left\{ \begin{array}{l} \sum_n \left[ C_n \left( \frac{r}{r_1} \right)^n + D_n \left( \frac{r_1}{r} \right)^n \right] \sin n \sqrt{\frac{\mu_0}{\mu_i}} \alpha, 0 \leq \alpha \leq \beta \\ \sum_n K_n \left[ C_n \left( \frac{r}{r_1} \right)^n + D_n \left( \frac{r_1}{r} \right)^n \right] \cos n(\theta - \alpha), \beta < \alpha \leq \theta \end{array} \right.$$

В зонах 0 и 2 решения уравнения (2) имеют соответственно вид:

$$\varphi_0(r, \alpha) = \sum_{m=1,2,5\dots} F_m \left[ \left( \frac{r}{r_0} \right)^{mp} - \left( \frac{r_0}{r} \right)^{mp} \right] \sin mp\alpha \quad (4)$$

$$\varphi_2(r, \alpha) = \sum_{m=1,2,5\dots} P_m \left[ \left( \frac{r_3}{r} \right)^{mp} - \left( \frac{r}{r_3} \right)^{mp} \right] \sin mp\alpha \quad (5)$$

Неизвестные постоянные в (3)–(5) определяются из условия непрерывности потенциала и нормальных составляющих вектора магнитной индукции на границах раздела сред [1–5].

Для обеспечения однозначности решения число кусочно-непрерывных функций в (3) должно быть равно числу гладких функций в (4) и (5), которое влияет на точность аппроксимации кривой потенциала в немагнитных зазорах. Между тем практика аналитического расчета магнитного поля в электрических машинах показывает, что первая кусочно-непрерывная функция весьма слабо зависит от числа кусочно-непрерывных функций (4), т.е. магнитное поле в зоне 1 определяется в основном первой кусочно-непрерывной функцией. В связи с этим вполне обоснованной представляется идея получить решение, содержащее лишь одну кусочно-непрерывную функцию и множество гладких. При этом резко сократится объем вычислений, расчетный алгоритм станет более устойчивым. И, наконец, такая математическая модель позволяет перейти от расчета поля к синтезу каскадных схем замещения, широко используемых в теории электрических машин [4].

Таким образом, исходя из вышесказанного в области медицины мы можем применять данные методы и исходя из них дорабатывать уже сделанные на этом принципе машины с постоянными магнитами.

**Вывод:** Стоит отметить множество достоинств медико-биологических эффектов таких как: лечение многих заболеваний, уменьшение биологического возраста и продления продолжительности жизни, повышения работоспособности, резистентности и адаптивных возможностей, вызванных не разрушением патогенных механизмов болезни, а оптимизацией и усилением саногенных процессов организма. А также является экологически чистой медицинской технологией, характеризуется универсальным воздействием на человеческий организм, так же не предполагает противопоказаний, а, следовательно, и не имеет последствий далее стоит отметить эффективность данного метода и его всеобщую доступность. Символично такие возможности выражены в формуле:

### ЗЕ + Д = ИВТ,

т.е. эффективность, экономичность, экологичность плюс демонстративность метода.

Широкое внедрение физиотерапевтических кабинетов для профилактики, лечения и реабилитации в условиях экологического и экономического кризиса в РФ дает возможность уже сейчас на государственном уровне и без дополнительных ассигнований решить ряд проблем современной медицины.

### Список литературы

1. Ю. А. Владимиров, Е. В. Проскунина - Лекции по медицинской биофизике ИКЦ «Академкнига», 2007. - 432 с.
2. Агаджанян Н.А., Макарова И.И. Магнитное поле Земли и организм человека // Экология человека. - 2005. - № 9. - С.3–9. - Библиогр.: 41 назв.
3. Баранский П.И., Гайдар А.В. А.Л. Чижевский и проблемы взаимодействия магнитных полей с объектами живой природы // Вестн. Калуж. ун-та. - 2007. - № 3. - С.37–41. - Библиогр.: 47 назв.
4. Васильева Л.К., Горский А.Н. Электротехнические аспекты влияния низкочастотных электромагнитных полей на человека // Вестн. МАНЭБ. - 2000. - № 4(28). - С.31–35. - Библиогр.: 1 назв.
5. Бритвина В.В. Высшая математика. Дифференциальные уравнения / Бритвина В.В., Конюхова Г.П., Муханова А.А., Муханов С.А. // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 12–1. С. 88.
6. Реутов Ю.Я. Жизнь в магнитной паутине // Наука. Общество. Человек / Информ. вестн. УрО РАН. - 2006. - № 3(17). - С.21–26.
7. Удалова Д.А., Арбузов В.В. Магнитные поля - угроза здоровью // Мед. экология: V междунар. науч.-практ. конф., 29–30 июня 2006 г.: сб. ст. - Пенза: Приволж. Дом знаний, 2006.
8. Шарохина А.В. Электромагнитное поле в быту // Материалы докладов первой Всерос. молодежной науч. конф. «Тинчуринские чтения» / Под общ. ред. д-ра физ.-мат. наук, проф. Ю.Я. Петрушенко. В 2 т. Т.2. - Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2006. - С.161–163.