



АНАЛИЗ

ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В

ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ.

СИСТЕМА **FEMM**

Уравнения Максвелла

Название	Дифференциальная форма	Интегральная форма	Пояснение
Закон Ампера (обобщенный закон полного тока)	$\operatorname{rot} H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$	$\oint_L H dl = \int_S \left(J + \frac{\partial D}{\partial t} \right) dS$	Электрический ток и изменение во времени электрического поля порождают вихревое магнитное поле
Закон Фарадея (обобщенный закон электромагнитной индукции)	$\operatorname{rot} E = -\frac{\partial B}{\partial t}$	$\int_l E dl = -\int_S \frac{\partial B}{\partial t} dS$	Изменение магнитной индукции порождает вихревое электрическое поле в том же месте пространства
Теорема Гаусса	$\operatorname{div} D = \rho_{\text{своб.}}$	$\oint_S D dS = \int_V \rho_{\text{своб.}} dV$	Электрический заряд является источником электрической индукции
Теорема Гаусса	$\operatorname{div} B = 0$	$\oint_S B dS = 0$	Принцип непрерывности магнитного потока. Т.е. линии магнитной индукции замкнуты

Дополнительные уравнения электромагнитного поля для неподвижной среды

Электромагнитное поле известно, если в каждый момент времени в каждой точке пространства известны значения векторов напряженности эл. поля и магнитной индукции. Параметры среды, в котором определяется электромагнитное поле, учитываются в дополнительных уравнениях, которые вместе с четырьмя основными составляют полную систему уравнений электромагнитного поля для неподвижной среды.

$$D = \varepsilon_a E; \quad B = \mu_a H; \quad J = \gamma E,$$

где ε_a – абсолютная диэлектрическая проницаемость;

μ_a – абсолютная магнитная проницаемость;

γ – удельная проводимость.

Размерность введенных величин в системе СИ

ρ – плотность стороннего электрического заряда – Кл/м³

J – плотность электрического тока
(плотность тока проводимости) – А/м²

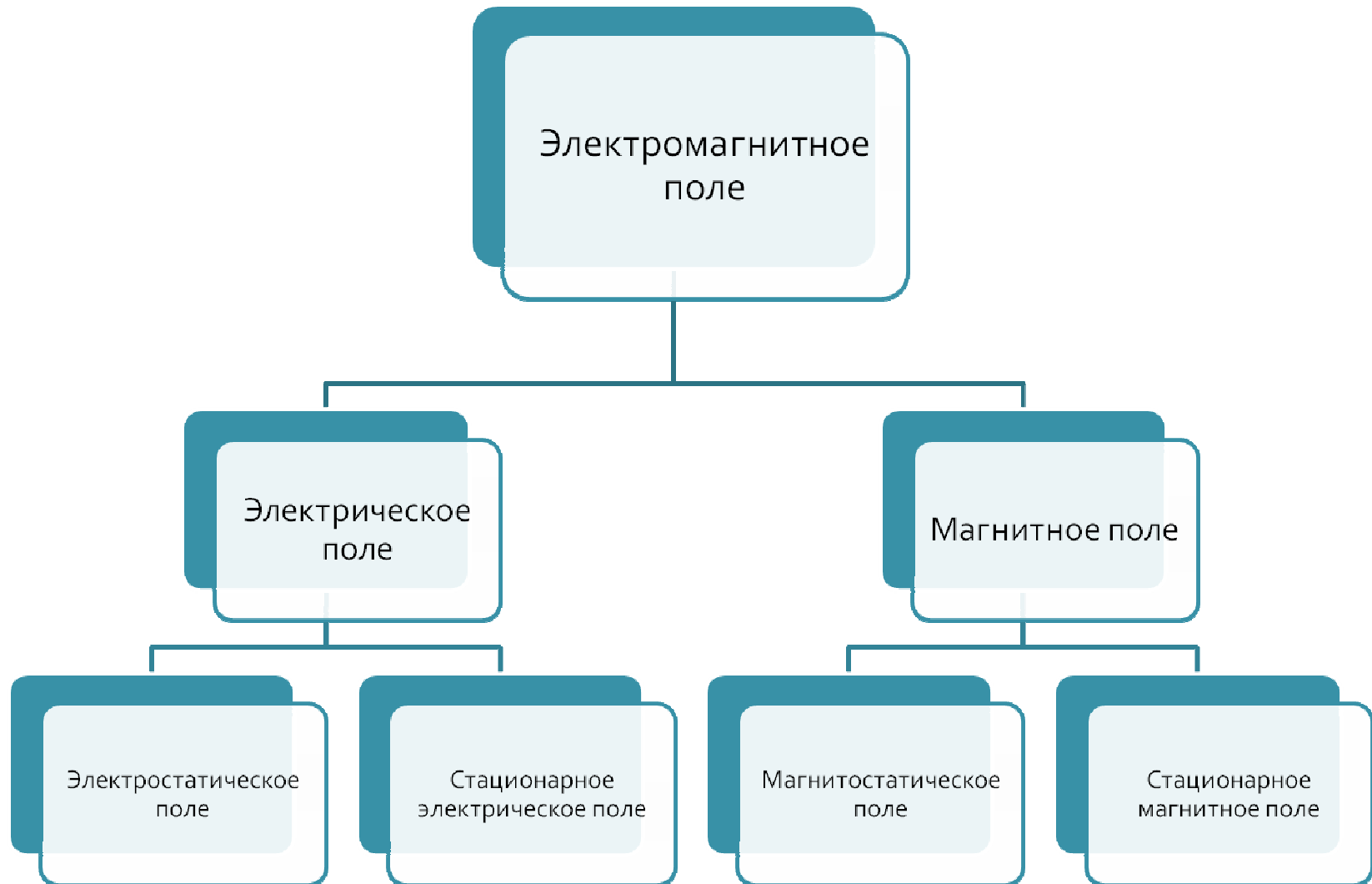
E – напряжённость электрического поля – В/м

H – напряжённость магнитного поля – А/м

D – электрическая индукция – Кл/м²

B – магнитная индукция – $Tл = \frac{Вб}{м^2} = \frac{кг}{А \cdot с^2}$

Формы электромагнитного поля





Метод конечных элементов

Метод конечных элементов (МКЭ) — общий метод численного решения дифференциальных уравнений или СДУ для задач электромагнетизма, теплообмена, прикладной механики и др.

Идея метода конечных элементов заключается в том, что область, в которой нужно найти решение задачи, разбивается на треугольные (1-го порядка) или четырехугольные (2-го порядка) элемента. После этого осуществляется аппроксимация потенциала внутри каждого элемента и подбор таких распределений потенциала в различных элементах, при которых сохранялась бы его непрерывность во всей области определения.

Таким образом, истинное решение заменяется кусочно-планарной функцией.

