6 ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ВЕКТОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Изменение компонент векторов поля при переходе из одного диэлектрика в другой описывается ***граничными условиями***

$$D_{2n} - D_{1n} = \sigma_{своб.}, \tag{6.1}$$

$$E_{1\tau} = E_{2\tau}, \tag{6.2}$$

где $\sigma_{своб.}$ - поверхностная плотность свободных зарядов на границе раздела;

индексы n и τ обозначают нормальные и тангенциальные составляющие векторов относительно границы раздела первой и второй среды, единичный вектор нормали направлен, как обычно, от первой среды ко второй (см. рисунок 11).

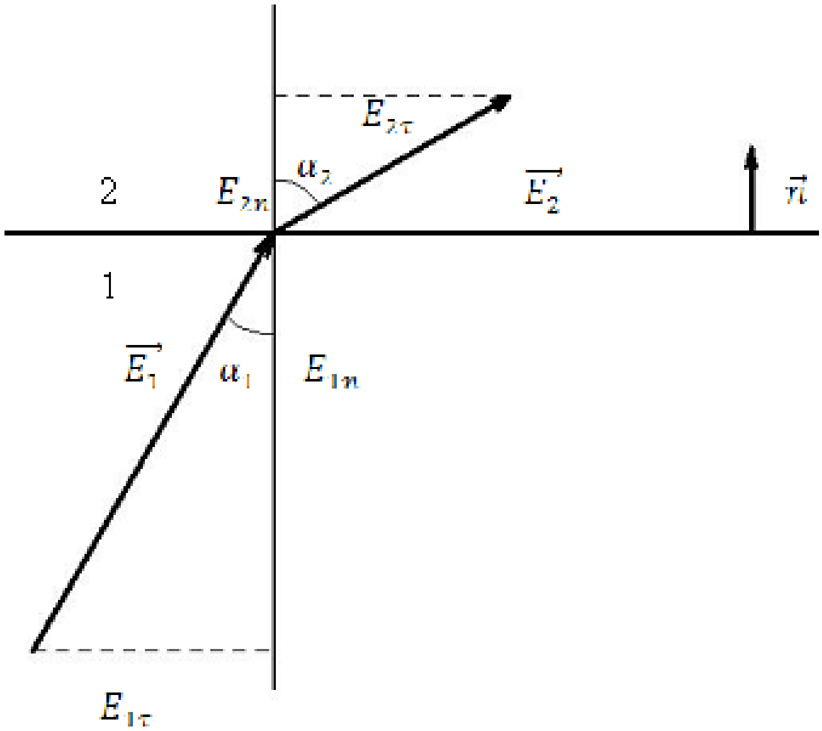

Рисунок 11 – Преломление линий вектора $\vec{E}$ на границе раздела двух диэлектриков

Нормальные и тангенциальные компоненты векторов можно вычислить следующим образом:

$$D_n = D\cos\alpha, \tag{6.3}$$

$$E_\tau = E\sin\alpha, \tag{6.4}$$

α_2

где α - угол между рассматриваемым вектором в некотором диэлектрике и нормалью к границе раздела двух сред.

Изменение вектора поляризации вещества при переходе через поверхность раздела двух диэлектриков описывается формулой (5.14).

Поскольку внутри металла электрическое поле отсутствует, то на границе раздела металла и диэлектрика соотношение (6.1) принимает вид

$$D_{2n} = \sigma_{своб.}, \tag{6.5}$$

где $\sigma_{своб.}$ - плотность свободных зарядов на поверхности металла, в качестве второй среды рассматривается диэлектрик, единичный вектор нормали направлен, вовнутрь диэлектрика.

Из формул (5.17), (6.5) следует выражение для напряженности электрического поля внутри диэлектрика вблизи поверхности металла

$$E_{2n} = \frac{\sigma_{своб.}}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}. \tag{6.6}$$

Сравнивая выражения (4.4) и (6.6), получаем, что электрическое поле внутри диэлектрика вблизи поверхности металла также ослабляется в ε_r раз, как и поле точечных зарядов в однородном безграничном диэлектрике.

Используя соотношения (3.8), (4.15) и (6.6), находим ***ёмкость плоского конденсатора, заполненного диэлектриком***

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}, \tag{6.7}$$

где S - площадь обкладки конденсатора;

d - расстояние между обкладками.

Из сравнения соотношений (4.18) и (6.7) находим, что ёмкость конденсатора возрастает в ε_r раз в случае заполнения конденсатора диэлектрическим веществом. Так происходит потому, что электрическое поле внутри такого конденсатора ослабляется, соответственно уменьшается напряжение на конденсаторе. При увеличении заряда на обкладках напряжение растёт медленнее, чем для незаполненного конденсатора, поэтому конденсатор способен накопить больший заряд.

На основании граничных условий (6.1), (6.2) и формулы (5.17) можно показать, что на границе раздела двух диэлектриков происходит ***преломление линий*** вектора $\vec{E}$ и линий вектора $\vec{D}$ (см. рисунок 12). При этом линии вектора $\vec{E}$ и линии вектора $\vec{D}$ отклоняются от перпендикуляра к границе раздела двух сред при переходе в вещество с большей диэлектрической проницаемостью, или, как принято говорить, при переходе в более плотную диэлектрическую среду. Если на границе раздела двух сред отсутствуют свободные заряды ($\sigma_{своб.} = 0$), то линии вектора $\vec{D}$ испытывают только преломление, без разрыва. В результате густота линий вектора $\vec{D}$ увеличивается в более плотной диэлектрической среде, поскольку выполняется неравенство для модулей векторов $D_2 > D_1$ при условии $\varepsilon_{2r} > \varepsilon_{1r}$. В свою очередь линии вектора $\vec{E}$ не только испытывают преломление, но и терпят разрыв (из-за присутствия связанных зарядов). При этом справедливо неравенство $E_2 < E_1$, то есть густота линий вектора $\vec{E}$ во второй среде уменьшается.

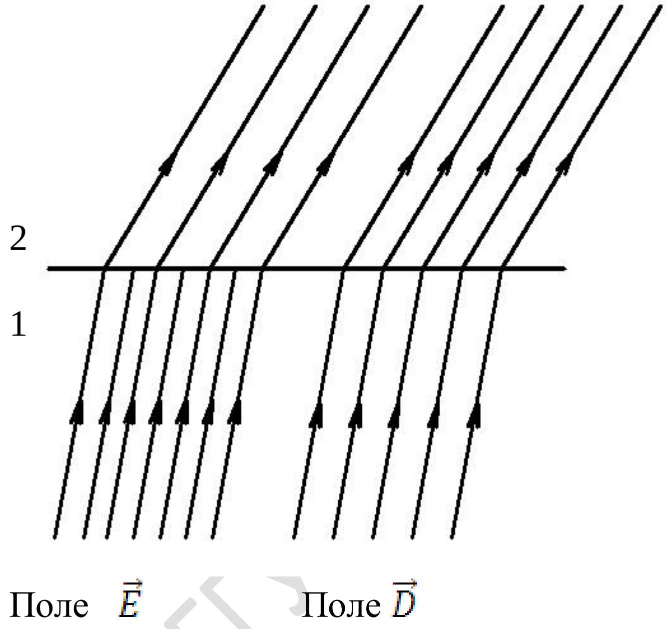

Рисунок 12 - Поведение линий вектора $\vec{E}$ и линий вектора $\vec{D}$ на границе раздела двух диэлектриков (свободных зарядов на границе нет)

Граничные условия играют очень важную роль при определении электрических и магнитных полей. В самом общем случае электромагнитные поля могут быть вычислены в результате решения уравнений Максвелла. Эти уравнения являются дифференциальными, и поэтому их решения неоднозначны. Граничные условия позволяют устранить эту неоднозначность и вычислить реальные поля, существующие в какой-либо среде, в зависимости от конкретных условий на её границе.