

## 2.10 Диэлектрическая проницаемость смесей

На практике часто используются неоднородные композиционные диэлектрики, представляющие собой смеси двух или более различных веществ - компонентов смеси. К таким материалам относятся многие пластические массы, состоящие из связующего и наполнителей, керамические, волокнистые, пропитанные и непропитанные пористые материалы и т.п.

Для расчета эффективной диэлектрической проницаемости смеси предполагается, что ее отдельные компоненты не вступают друг с другом в химические реакции, т.е. смесь является физической. Простейшим неоднородным диэлектриком является плоский конденсатор, который можно рассматривать как два параллельно или последовательно соединенных конденсатора с однородными диэлектриками.

Обозначая через  $y_1$  и  $y_2$  доли объемного содержания (объемные концентрации) первого и второго компонента для рассмотренного случая будем иметь для параллельного соединения:

$$\varepsilon^* = y_1 \cdot \varepsilon_1 + y_2 \cdot \varepsilon_2; \quad (2.34)$$

для последовательного соединения:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \frac{1}{y_1 \cdot \varepsilon_1 + y_2 \cdot \varepsilon_2}. \quad (2.35)$$

Для более общего случая смеси, состоящей из  $m$  компонентов для параллельного соединения:

$$\varepsilon^* = \sum_{i=1}^{i=m} y_i \varepsilon_i; \quad (2.36)$$

для последовательного соединения:

$$\frac{1}{\varepsilon^*} = \sum_{i=1}^{i=m} \left( \frac{y_i}{\varepsilon_i} \right). \quad (2.37)$$

Для расчета **статистической смеси** (хаотической, неупорядоченной в пространстве) предложено большое число формул, из которых широкое применение имеет формула Лихтенеккера. Эта формула, носящая название логарифмического закона смешения, для смеси двух компонентов имеет вид:

$$\lg \varepsilon^* = y_1 \lg \varepsilon_1 + y_2 \lg \varepsilon_2, \quad (2.38)$$

а для  $m$  компонентов:

$$\lg \varepsilon^* = \sum_{i=1}^{i=m} y_i \lg \varepsilon_i. \quad (2.39)$$

Для "вспененных" материалов (пенопластов, пенокерамики и др.), заполненных большим количеством мелких пор, из последней формулы (считая, что для газов  $\varepsilon = 1$ , а плотность равна нулю) получается уравнение

$$\lg \varepsilon^* = \frac{D^*}{D_T} \cdot \lg \varepsilon_T, \quad (2.40)$$

где  $\varepsilon_T$  и  $D_T$  – диэлектрическая проницаемость и плотность сплошного, твердого диэлектрика, а  $\varepsilon^*$  и  $D^*$  – диэлектрическая проницаемость и плотность вспененного материала.