

## РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЕМКОСТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

**В. С. Афонин, Б. С. Первухин, Д. Е. Кривобоков, А. В. Дуда**  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова»,  
г. Барнаул

В работе приведены расчеты габаритов емкостного преобразователя для измерения параметров сыпучих материалов. Получена зависимость, связывающая размер датчика и величину частицы сыпучего материала.

**Ключевые слова:** диэлькометрия, емкостный преобразователь, сыпучий материал.

Погрешность, связанная с неравномерной плотности засыпки сыпучего материала является серьезной проблемой при измерении влажности и отмечается многими исследователями в источниках: [1, 2]. Если умозрительно рассмотреть сыпучий материал как совокупность множества гранул формы шара, имеющий одинаковый размер, можно связать причину колебания насыпной плотности с возможными различными структурами заполнения сыпучим материалом межэлектродного пространства емкостного датчика. Множество работ посвящено плотности заполнения материалом пространства с различными видами структур [3, 4], основные из которых представлены в таблице 1. Структуры кубическая и ромбическая представлены на рисунке 1.

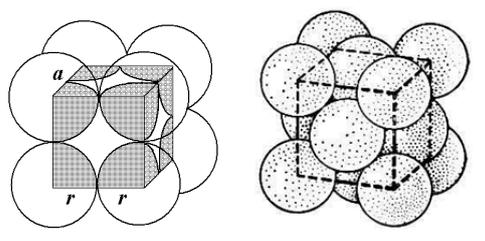


Рисунок 1 – Структуры засыпки сыпучего материала.

В естественной засыпке гранул-шаров присутствует комбинация, близкие к каждой из указанных структур. В среднем же преобладает та или иная упаковка гранул-шаров, что приводит к значительным колебаниям плотности сыпучего материала в измерительном преобразователе.

Устранить колебания плотности в ре-

альных условиях измерения влажности не представляется возможным, но большинство разработчиков применяют несколько наиболее распространенных подходов:

- применяется свободная засыпка материала в датчик (без утрамбовки);
- применяется уплотнение материала в датчике.

Таблица 1 – Плотность упаковки при различных структурах заполнения

Вид структуры	Плотность упаковки
кубическая	0,52
квадро-ромбическая	0,604
ромбическая	0,7
квадро-ромбическая диагональная	0,74
ромбическая диагональная	0,74

На практике в рабочей зоне емкостного преобразователя помещается определенное количество слоев гранул материала и один приграничный слой - частично. Этот факт приводит к еще более значительным перепадам плотности вещества в датчике. Очевидно, что приграничный слой, в котором находится только часть гранулы, будет влиять на общую плотность тем меньше чем больше слоев гранул содержит рабочая область емкостного преобразователя. С другой стороны при чрезмерном увеличении геометрических размеров датчика уменьшается его электрическая емкость, что приводит к уменьшения энергии измерительного сигнала. Для определения размеров емкостного преобразователя требуется произвести расчеты, учитывающие влияние это приграничного слоя вещества.

Для удобства расчетов в дальнейшем будем рассматривать заполнение датчика веществом в плоскости. Прежде всего, определим плотность упаковки приграничного слоя через коэффициент заполнения – отношение площади, занимаемого веществом, к площади зоны (общей).

$$K = \frac{S_{\text{вещ}}}{S} \quad (1)$$

Сегмент гранулы показан на рисунке 2.

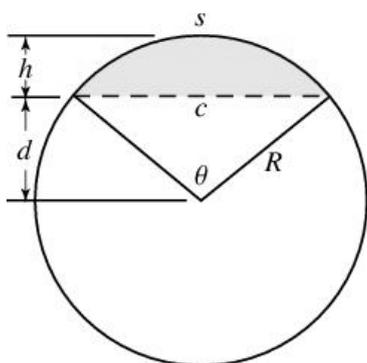


Рисунок 2 – частица контролируемого вещества приграничного слоя (выделенный сегмент находится в рабочей зоне емкостного преобразователя)

Для определения коэффициента заполнения рабочей области датчика с учетом неполного (приграничного слоя) необходимо знать коэффициенты заполнения неполного слоя  $K_{\text{сег}}$  (Сегмент на рисунке 4) и коэффициент заполнения полных слоев  $K_{\text{полн}}$  (полный на рис.3)

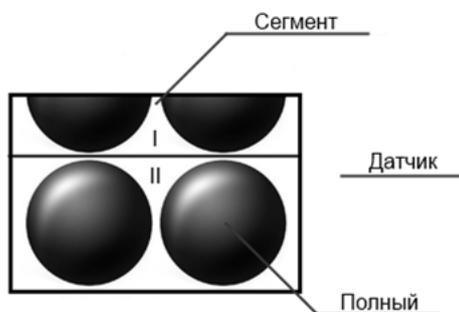


Рисунок 3 – Рабочая область емкостного преобразователя

Коэффициент заполнения определяет-

ся как отношение площади, занимаемой веществом, к площади зоны.

$$K = \frac{S_{\text{вещ}}}{S_{\text{зона}}} = \frac{S_{\text{ш}}}{S_{\text{зона}}} \quad (2)$$

тогда коэффициент заполнения датчика с сыпучим материалом ( $S_{\text{ш}}$ ) в  $n$  слое определяется:

$$K_{\text{датч.}} = \frac{S_{\text{ш}}(n-1) + S_{\text{сег}}}{S_{\text{зона}} \times n} = \quad (3)$$

$$\frac{nS_{\text{ш}} - S_{\text{ш}} + S_{\text{сег}}}{S_{\text{зона}} \times n} = \quad (4)$$

$$\frac{nS_{\text{ш}}}{S_{\text{зона}} \times n} + \frac{S_{\text{сег}}}{S_{\text{зона}} \times n} - \frac{S_{\text{ш}}}{S_{\text{зона}} \times n} = \quad (5)$$

$$K_{\text{полн}} + \frac{K_{\text{сег}}}{n} - \frac{K_{\text{полн}}}{n} \quad (5)$$

Таким образом, при колебании плотности неполного слоя материала изменение коэффициента заполнения емкостного датчика связано с количеством слоев гранул, помещающихся в его рабочей зоне. Для наглядности примем возможные изменения плотности приграничного слоя от значения 0,2 до 0,7 и рассчитаем разницу коэффициента заполнения датчика, вызванную этим изменением.

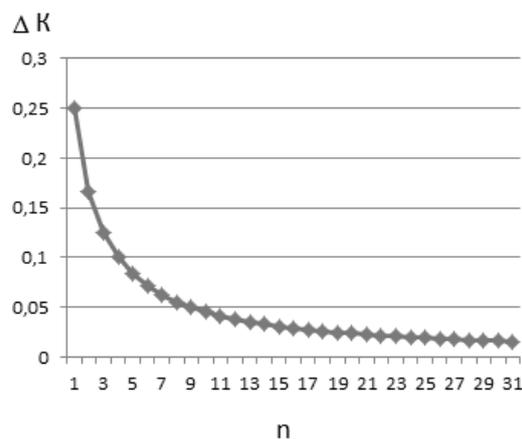


Рисунок 4 – Влияние колебания плотности приграничного слоя на общий коэффициент заполнения емкостного преобразователя

Полученная закономерность позволит учитывать и стремиться уменьшить погрешность, связанную с плотностью сыпучего материала в емкостном преобразователе при

## РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЕМКОСТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

проектировании прибора. Исходя из полученного результата следует отметить, что геометрические размеры емкостного преобразователя следует выбирать исходя из гранулометрического состава контролируемого вещества.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлинер, М. А. Измерения влажности / М. А. Берлинер. — М.: Энергия, 1973. — 400 с.
2. Мелкумян В.Е. Измерение и контроль

влажности материалов. М.: Издательство комитета стандартов, мер и измерительных приборов, 1970г. , 137 с.

3. Scientific American • Издание на русском языке. № 3 • МАРТ 1984 • С. 72–82.

4. Белов Н. В., Структура ионных кристаллов и металлических фаз, М., 1947.

**Афонин В.С., к.т.н., доцент, e-mail: [afonin@mail.altstu.ru](mailto:afonin@mail.altstu.ru); Первухин Б.С. – профессор, д.т.н; Кривобоков Д.Е. – доцент, к.т.н; Дуда А.В. –аспирант.**