

## ОТЧЕТ

### Исследование возможности измерения влажности цинковой шихты, полученной от ООО «Цинкум», с помощью анализатора влажности (влагомера) FIZEPR-SW100.17.12

#### 1. Введение

Для испытаний по определению возможности контроля влажности цинковой шихты применялся влагомер варианта исполнения FIZEPR-SW100.17.12. Датчик FIZEPR-SW100.17.12 выполнен в цилиндрическом корпусе, на торце которого размещен плоский чувствительный элемент (сенсор). По принципу действия влагомеры представляют собой диэлькометр. Метод определения диэлектрической проницаемости ( $\epsilon_r$ ) основан на измерении коэффициента  $k_{зам}$ , равного отношению резонансной частоты датчика в воздухе к его резонансной частоте при погружении датчика в контролируемый материал. Измерения производятся путем зондирования среды радиоволнами на частотах диапазона 40...300МГц. По найденному значению коэффициента  $k_{зам}$  процессор влагомера рассчитывает содержание воды с учетом температуры материала. Расчет производится на основе градуировочных (калибровочных) таблиц, подготовленных для каждого типа контролируемого материала и заложенных в память влагомера.

Следует отметить:

1) выбор влагомера варианта FIZEPR-SW100.17.12 обусловлен требованием заказчика выполнять измерения шихты на ленте конвейера. Примеры установки на конвейере и все необходимые рекомендации приведены в РЭ, которое можно скачать на сайте: [https://fizepr.ru/sites/default/files/soft/fizepr-sw100.17\\_manual\\_ver.2.3\\_rus\\_0.pdf](https://fizepr.ru/sites/default/files/soft/fizepr-sw100.17_manual_ver.2.3_rus_0.pdf)

2) опыт показывает, что наиболее точные измерения обеспечиваются в бункерах. Для измерений в бункерах применяются влагомеры варианта исполнения FIZEPR-SW100.10.46.

#### 2. Измерение начальной влажности полученных от заказчика образцов материала

Перед началом эксперимента была измерена фактическая влажность двух высланных заказчиком образцов материала.

Измеряемый влагомером параметр – влажность – представляет собой отношение массы воды, содержащейся в материале, к массе влажного материала и определяется следующим выражением:

$$W = \frac{m_e - m_c}{m_e} \times 100\%$$

где  $W$  - влажность материала;

$m_e$  - масса образца влажного материала;

$m_c$  - масса того же образца материала после сушки.

Измерение влажности полученных образцов цинковой шихты выполнялись с помощью анализатора влажности AND ML-50 (см. рис.1). Метод измерения - термогравиметрический.

В результате просушки нескольких отобранных проб цинковой шихты получено среднее значение влажности  $W = 4,5\%$  для пробы (образца) материала №1 (от 28.10.2024) и  $W = 2\%$  для пробы (образца) №2 (от 29.10.2024). Эти значения учитывались в дальнейших измерениях.



Рис.1. Анализатор влажности для контроля методом сушкой

### **3. Экспериментальные исследования зависимости коэффициента $K_{з\text{им}}$ материала от содержания в нем воды с помощью влагомера FIZEPR-SW100.17.12**

При дальнейших экспериментах в пробы №1 и №2 материала добавляется отмеренная доза воды, полученная смесь тщательно перемешивается и таким способом получают пробы материала с разными значениями влажности.

Датчик влагомера FIZEPR-SW100.17.12, который применялся при испытаниях, показан на рис. 2.

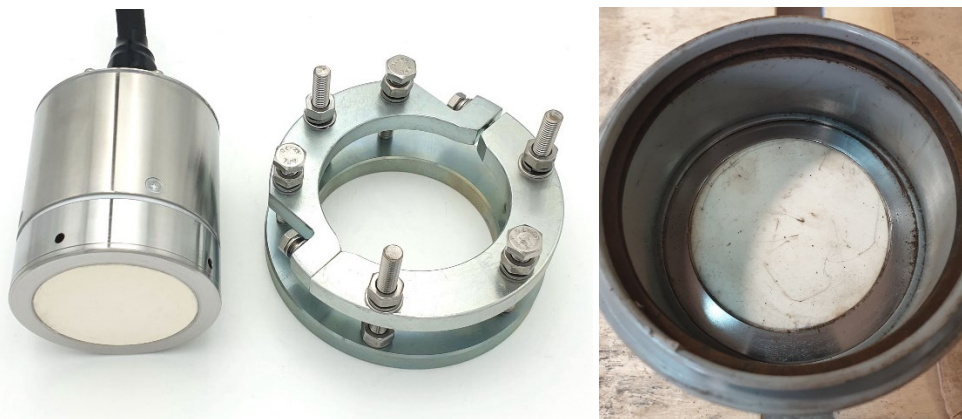


Рис.2. Датчик влагомера FIZEPR-SW100.17.12

Калибровка влагомера состоит в получении экспериментальной зависимости коэффициента  $k_{зам}$  от содержания в материале воды. Для получения этой зависимости снимается резонансная характеристика датчика и определяется частота резонанса (положение минимума резонансной кривой на оси частот).

При отсутствии материала на поверхности датчика (датчик измеряет воздух) частота резонанса  $F_{калиб} = 134$  МГц. При заполнении датчика контролируемым материалом с влажностью  $W = 4,5\%$  было получено значение резонанса  $F_{рез} = 117,9$  МГц.

Коэффициент замедления  $k_{зам}$  определяется по формуле:

$$k_{зам} = F_{калиб}/F_{рез} = 1,1365.$$

На сохраненном снимке экрана компьютера, представлена резонансная характеристика влагомера FIZEPR-SW100.17.12 для значения влажности 4,5% (рис. 3).

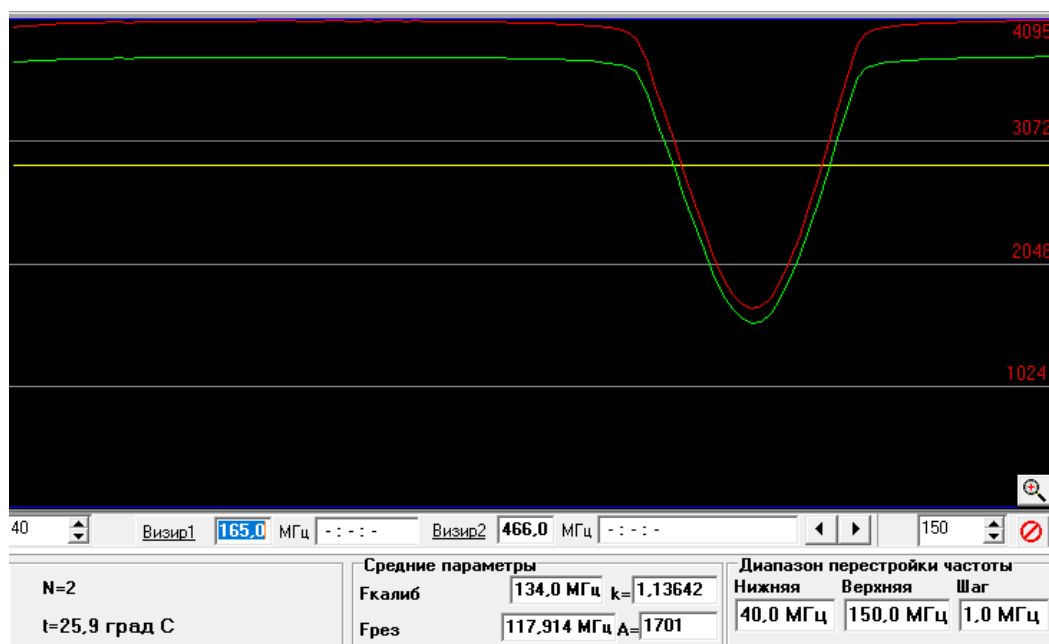


Рис.3. Резонансная характеристика датчика при измерении образца цинковой шихты  $W = 4,5\%$

Следует отметить, что указанное значение было получено при измерении рыхлого материала, без его уплотнения, то есть в образце материала содержался воздух.

Далее с материал был уплотнен и измерения повторены. Такие действия производились при каждом измерении. На рисунках 4а и 4б показаны фотографии шихты, полученной от ООО «Цинкум», одной влажности, но при разной насыпной плотности.



Рис. 4а



Рис. 4б

После измерения образца шихты №1 с исходной влажностью ( $W = 4,5\%$ ) в шихте равномерно распределили расчетное кол-во воды, перемешали и затем снова заполняли датчик для измерения  $k_{зам}$ . Аналогично проделали для образца №2 шихты. Второй образец показал схожие диэлектрические характеристики, при доведении до влажности 4,5%, что подтвердило точность измерений, проведенных с помощью гравиметрического анализатора.

Результаты серии таких экспериментов приведены в таблице 1. Отметим, что при измерениях параметр  $k_{зам}$  определялся для двух значений насыпной плотности: когда материал засыпан без утрямбовки и после утрямбовки.

Таблица 1

Влажность, W, %	$K_{зам}$	$K_{зам}$
	(материал рыхлый, не утрямбован)	(материал утрямбован)
2	1,077	1,142
4,5	1,136	1,235
7	1,176	1,357
10,7	1,214	1,420
13,6	1,307	1,441
16	1,383	1,444

Для большей наглядности приведены данные из таблицы в виде графиков на рисунке 5.

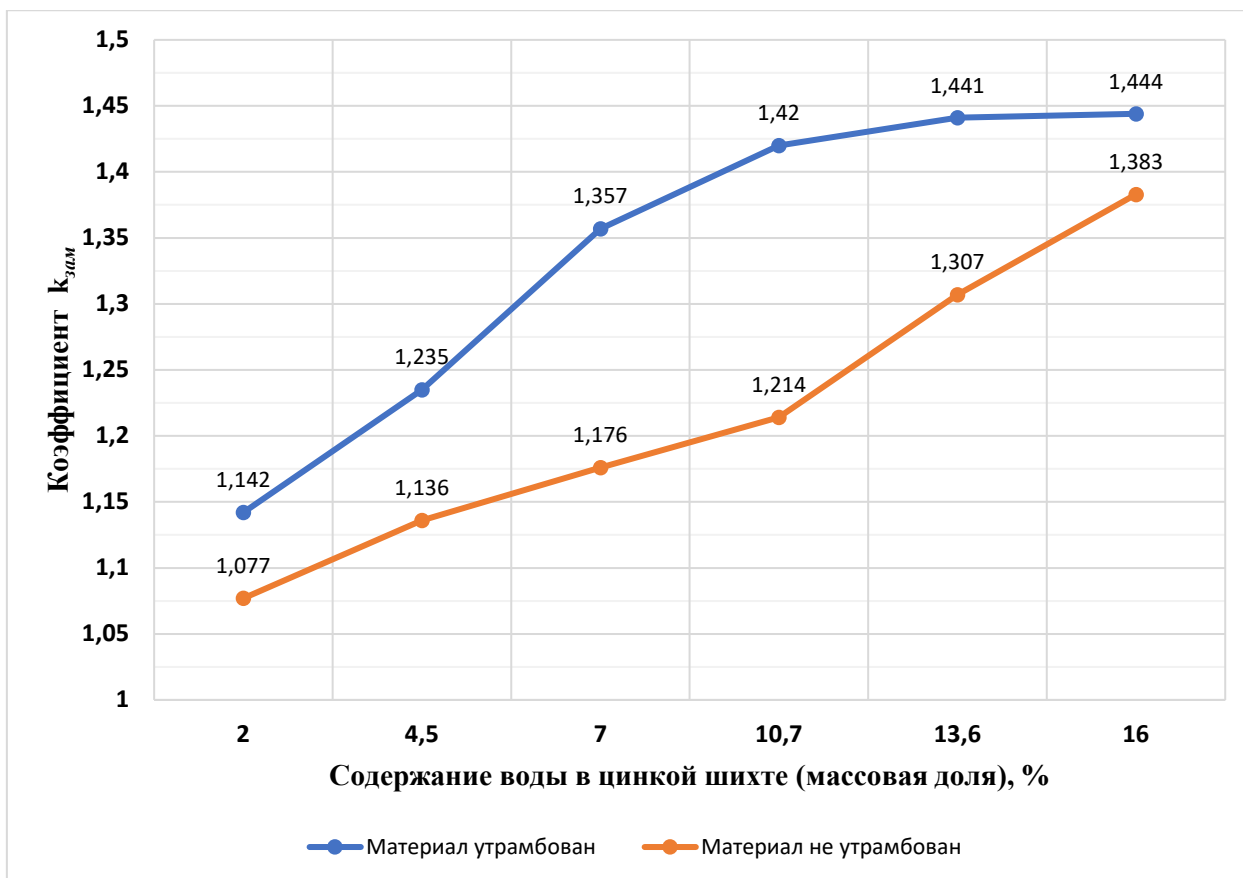


Рис.5. Зависимость коэффициента  $k_{зам}$  от влажности  $W$  (массовой доли воды) в цинковой шихте

Из полученных данных видно, что чувствительность влагомера варианта исполнения FIZEPR-SW100.17.12 при измерении шихты с содержанием воды в диапазоне от 10 до 16% необычайно низкая в случае, когда шихта утрамбована. Таким образом, на результаты измерения влагомером FIZEPR-SW100.17.12 шихты на конвейерной ленте будет оказывать сильное влияние степень сдавливания шихты датчиком влагомера.

Окончательный вывод о возможности применения влагомера FIZEPR-SW100.17.12 на конвейере можно сделать только по результатам промышленных испытаний.

Итак, КБ «Физэлектронприбор» не может дать гарантию, что влагомер FIZEPR-SW100.17.12 обеспечит точное измерение на конвейере влажности цинковой шихты, образцы которой предоставлены ООО «Цинкум». В то же время уже есть положительный опыт применения влагомера указанного типа на конвейере с цинковой шихтой в АО «Челябинский цинковый завод», но составы шихты ООО «Цинкум» и АО «Челябинский цинковый завод» могут различаться.