Утверждаю
Главный инженер
ООО «Конструкторское бюро
«Физэлектронприбор»

_____ Коннов В.В.

14 июня 2023г.

Отчет по исследованию возможности контроля влажности шлама, полученного из ОАО «Новоросцемент» с помощью анализаторов влажности (влагомеров) FIZEPR-SW100

1. Введение

Для определения возможности измерения влажности шлама, полученного из ОАО «Новоросцемент», применялся влагомер варианта исполнения FIZEPR-SW100.30.2. Данный лабораторный влагомер по своим метрологическим характеристикам соответствует поточным влагомерам серии FIZEPR-SW100.1x.x.

Датчик влагомера FIZEPR-SW100.30.2 выполнен в виде кюветы с размерами 200 х 100 х 100 мм. По принципу действия влагомеры серии FIZEPR-SW100 представляют собой измерители диэлектрической проницаемости (диэлькометры). Метод измерения диэлектрической проницаемости (ε_r) прямой, основанный на измерении коэффициента замедления ($k_{зам}$) электромагнитной волны в контролируемом материале. Коэффициент замедления $k_{зам}$, называемый также коэффициентом преломления, представляет собой отношение скорости распространения электромагнитной волны в воздухе (т.е. скорости света) к скорости ее распространения в контролируемом материале. Измерения производятся путем зондирования среды радиоволнами на частотах диапазона 2…750МГц. Для нахождения $k_{зам}$ влагомер вычисляет отношение резонансной частоты датчика в воздухе к его резонансной частоте в контролируемом материале. По найденному значению коэффициента замедления процессор влагомера рассчитывает содержание воды с учетом температуры материала. Расчет производится на основе калибровочных таблиц, подготовленных для каждого типа контролируемого материала и записанных в память влагомера.

2. Проведение измерений начальной влажности образца материала

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

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

где W - влажность материала;

$m_в$ - масса образца влажного материала;

m_c - масса того же образца материала после сушки.

Перед началом испытаний мы сначала удалили из материала часть отстоявшейся жидкости, для того чтобы уменьшить влажность материала и тем самым расширить исследуемый диапазон. (см. фотографию на рис.1).

Рис. 1

Затем, весь оставшийся в бутылке материал переместили в другую емкость, где его тщательно перемешали до однородной массы. После чего выполнялось контрольное измерение влажности отобранной пробы шлама с помощью анализатора влажности AND ML-50 (см. фотографию на рис.2).

Метод измерения - термогравиметрический. В результате нескольких повторных измерений получено значение влажности W шлама, равное 36,6%. Это значение учитывалось в дальнейших измерениях.

Аналогично было проделано для второго образца шлама с железосодержащими огарками. В нем после удаления отстоявшейся воды было получено значение влажности W шлама с огарками, равное 35,5%.

Рис.2. Анализатор влажности AND ML-50 для измерения термогравиметрическим методом

3. Измерение зависимости коэффициента замедления $k_{зам}$ шлама от содержания в нем воды

При дальнейших экспериментах в пробы материала добавляли дозы воды, полученную смесь тщательно перемешивали и аналогичным способом получали образцы шлама с разными значениями влажности. Значения фактической влажности определялись также термогравиметрическим методом.

Датчик влагомера FIZEPR-SW100.30.2, который применялся при испытаниях, показан на рис. 3.

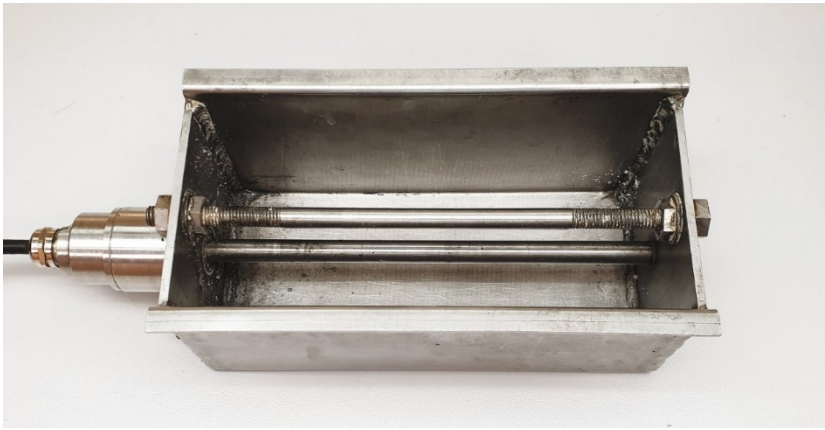

Рис.3. Датчик влагомера FIZEPR-SW100.30.2

Калибровка (градуировка) влагомера состоит в получении экспериментальной зависимости коэффициента замедления $k_{зам}$ электромагнитной волны, распространяющейся в материале, от содержания в материале воды. Для получения этой зависимости снимается спектр сигнала датчика и определяется частота резонанса (положение минимума резонансной кривой на оси частот).

Для пустой кюветы частота резонанса $F_{калиб}$ = 633,9 МГц. При заполнении кюветы контролируемым материалом (шламом) с влажностью W= 36,6% было получено значение частоты резонанса $F_{рез}$=93,2 МГц.

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

$k_{зам} =$ $F_{калиб}/F_{рез.} = 6,80$.

После измерения образца с влажностью (W= 36,6%) он был извлечен из кюветы. Далее в исследуемый материал последовательно добавляли воду (с тщательным перемешиванием и на каждом этапе проводили измерения $k_{зам}$.

С помощью программы SWPro на экране компьютера отображается спектр сигнала с датчика влагомера. На рис.4 показан спектр (резонансная кривая) для значения влажности 37,8%

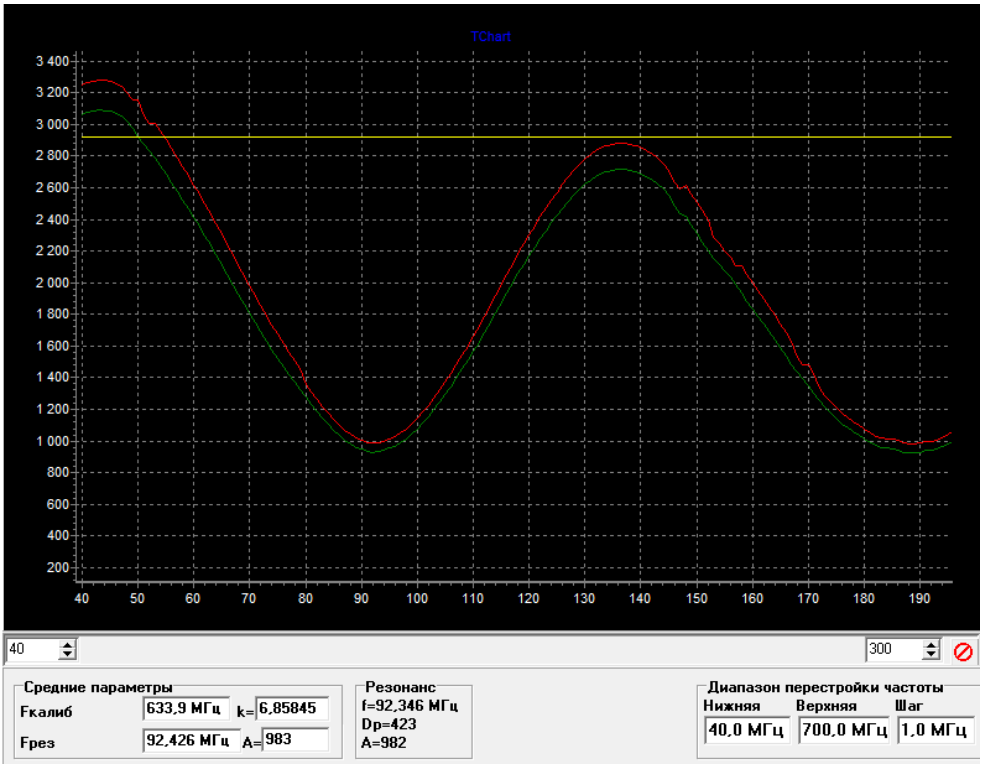

Рис.4. Спектр сигнала с датчика влагомера при заполнении кюветы образцом шлама с влажностью W= 37,8%

Результаты серии таких экспериментов для шлама приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влажность, W, %	**Fрез,** МГц	$K_{зам}$
36,6	93,2	6,80
37,8	92,4	6,86
39,5	91,6	6,92
41,3	90,5	7,00

Результаты серии таких экспериментов для шлама с железосодержащими огарками приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влажность, W, %	**Fрез**, МГц	***Kзам***
35,5	86,2	7,35
37,5	84,9	7,47
39,2	83,7	7,57
40,2	83,1	7,63

Для большей наглядности привели данные из таблиц для двух видов шлама в виде графика на рисунке 5.

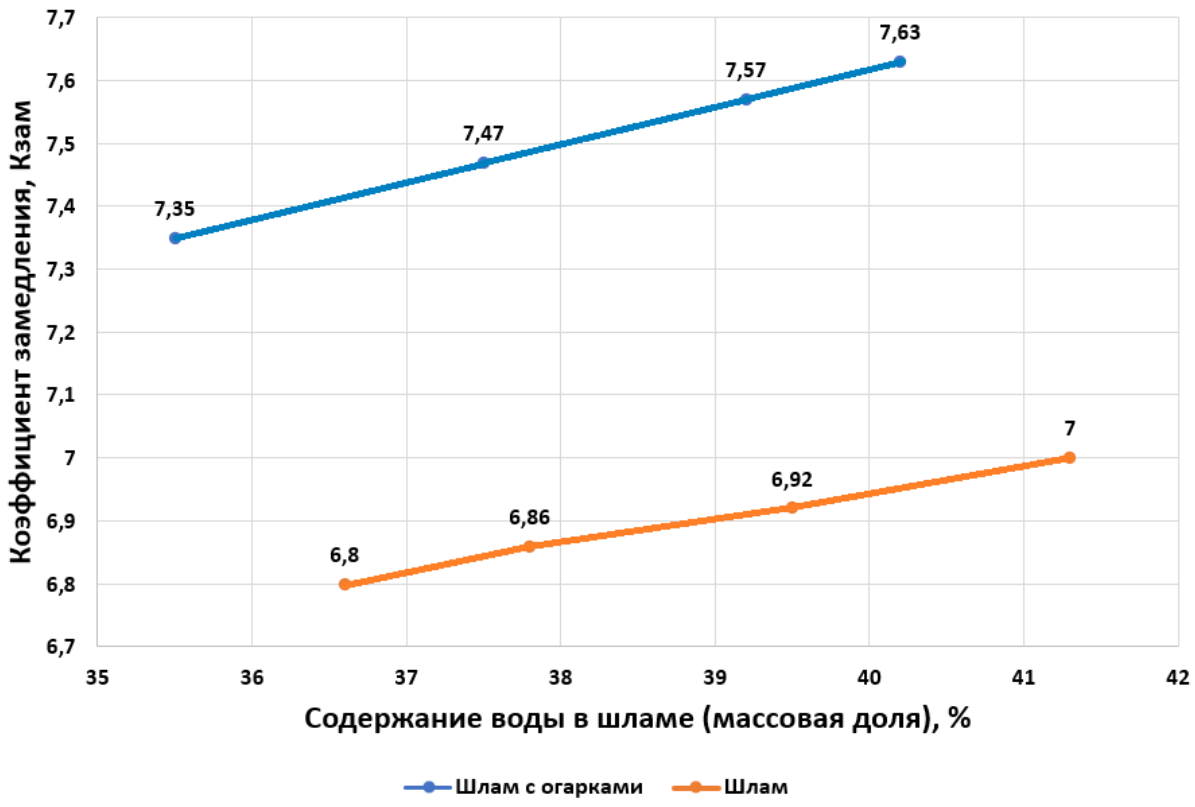

Рис.5. Зависимость коэффициента замедления $k_{зам}$ от влажности W (массовой доли воды) шлама

По результатам таких измерений в память влагомера заносятся калибровочные (градуировочные) таблицы, при этом, для каждого типа шлама должна использоваться своя калибровка. В реальных условиях эксплуатации влагомера калибровки могут быть уточнены по данным местной лаборатории.

Заключение

В результате проведенных экспериментов установлено, что влагомеры серии FIZEPR-SW100.1x.x на шламе работоспособны и могут быть применены для его измерения. Для достижения минимальной погрешности измерений необходимо обеспечить выполнение ряда условий и требований, указанных ниже.

Требования к условиям эксплуатации датчика влагомера жидких материалов, выбор оптимального места установки датчика

1) Контролируемая датчиком влагомера область (пространство между электродами датчика, а также вокруг электродов) должна быть полностью заполнена измеряемым материалом. Если вместо контролируемого материала указанная область будет заполнена, хотя бы частично, воздухом или посторонними предметами (мусором), то правильные измерения невозможны.

2) Исследуемый материал не должен сильно изменятся по своему составу, поскольку для обеспечения стабильных измерений изменяться в материале должно только кол-во воды. При необходимости измерения различных материалов (или однотипных материалов, но с разным составом), требуется переключение калибровок при смене вида материала. Калибровки для каждого вида хранятся в памяти влагомера, создаются и загружаются заранее.

3) При измерении материалов необходимо исключить налипания материала, т.к. именно налипший слой будет влиять на результаты измерений. Если налипания исключить нельзя, то для датчиков рекомендуется перейти на периодическое измерение, с очищением влагомера от налипшего слоя или периодическую промывку (чистку) датчика.

Ст. инженер ООО «Конструкторское бюро «Физэлектронприбор»

_____ Зобнин П.Ю.