

УТВЕРЖДАЮ

Директор «КБ «Физэлектронприбор»

_____ Сизиков О.К.

Отчет
по результатам сравнительных испытаний влагомеров
FIZEPR-SW100.17.12 и Hydro-Mix HM07

Цель испытаний: определение глубины зондирования влагомеров
FIZEPR-SW100.17.12 производства ООО «КБ «Физэлектронприбор»
и Hydro-Mix HM07 производства фирмы «Hydronix»

Время проведения испытаний: с 21 по 23 июля 2025г.

Место проведения испытаний: испытательная лаборатория ООО «КБ «Физэлектронприбор»

1. Введение

Основное назначение влагомеров FIZEPR-SW100.17.12 и Hydro-Mix HM07 - измерение влажности бетонной смеси. Оба рассматриваемых влагомера имеют одинаковые габаритно-присоединительные размеры и схожие по конструкции корпуса, что позволяет производить замену одного влагомера на другой без изменения монтажного отверстия в бетоносмесителе. По принципу измерения влагомеры также аналогичны: это микроволновые измерители диэлектрической проницаемости. В обоих испытываемых влагомерах FIZEPR-SW100.17.12 и Hydro-Mix HM07 сенсор закрыт керамическим диском из нитрида кремния. Фотографии влагомеров приведены на рис. 1.



Рис. 1. Датчики влагомеров Hydro-Mix HM07 и FIZEPR-SW100.17.12

При внешней схожести конструкций схмотехнические и конструкторские решения, примененные в указанных влагомерах, различаются.

Целью данного эксперимента является сравнение влагомеров по глубине зондирования контролируемого материала, т.е. фактически сравнивается чувствительность влагомеров.

2. Описание метода измерения и средств измерений

В данном эксперименте использован следующий метод измерения: для каждого влагомера по шагам увеличивается толщина (высота) слоя контролируемого материала и на каждом шаге измеряется приращение показаний влагомеров. По мере возрастания толщины слоя материала величина приращения показаний влагомеров становится все меньше и меньше. Данный метод позволяет определить границу (максимальную глубину зондирования), за которой влагомер больше не реагирует на приращение толщины слоя контролируемого материала.

Измеряемый материал – влажный речной песок. Выбор песка для проведения испытаний обусловлен его химической инертностью по отношению к воде и относительной стабильностью влажности во времени (хотя испарение из песка воды при продолжительных испытаниях, как выяснилось, следует учитывать).

Внешний вид установки для испытаний показан на рис. 2. Для исключения влияния влагомеров друг на друга датчики были закреплены отдельно. В качестве емкостей для измерения использованы пластиковые трубы $\varnothing 110\text{мм}$. Постоянство сечения труб позволило засыпать одинаковые порции материала нужной высоты, отмеренные по весу, заранее определив отношение вес/высота для измеряемого материала (песка). Трубы на торце имеют резиновые уплотнительные кольца, это позволило даже заливать в них воду, что было необходимо для выставления одинаковых калибровок влагомеров. Максимальная высота засыпки песка – 8,5см.



Рис.2. Вид установки для проведения испытаний

Т.к. на показания влагомеров влияет не только важность, но и насыпная плотность песка, то для ее стабилизации использовалось уплотнение грузом (см. рис. 3). Диаметр погружаемой части груза (поршня) совпадает с внутренними диаметрами труб, вес груза - 4,6кг.

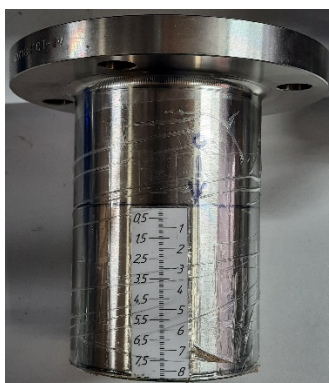


Рис.3. Груз (поршень) для утрамбовки песка

При измерениях использовалось фирменное программное обеспечение влагомеров. Для снятия показаний с влагомера FIZEPR-SW100.17.12 - программное обеспечение SWPro версии v4.0; для работы с влагомером Hydro-Mix HM07 – программное обеспечение Hydro-Com v.1.8.0.

Влагомер Hydro-Mix имеет несколько режимов работы. Для измерений влажности песка в соответствии с Руководством пользователя Hydro-Mix VII был использован режим «стандартный» (пункт 5.3, стр.42 Руководства). Показания записывались по выводимой величине параметра «Фильтрованный Немасштабируемый» (см. рис.4). Вывод параметра «Фильтрованный Немасштабируемый» влагомера Hydro-Mix имеет заметную инерционность, т.е. показания устанавливаются в течение продолжительного времени после изменения параметров контролируемого материала, поэтому показания записывались спустя определенное время (указанное в таблице), достаточное для установления показаний.

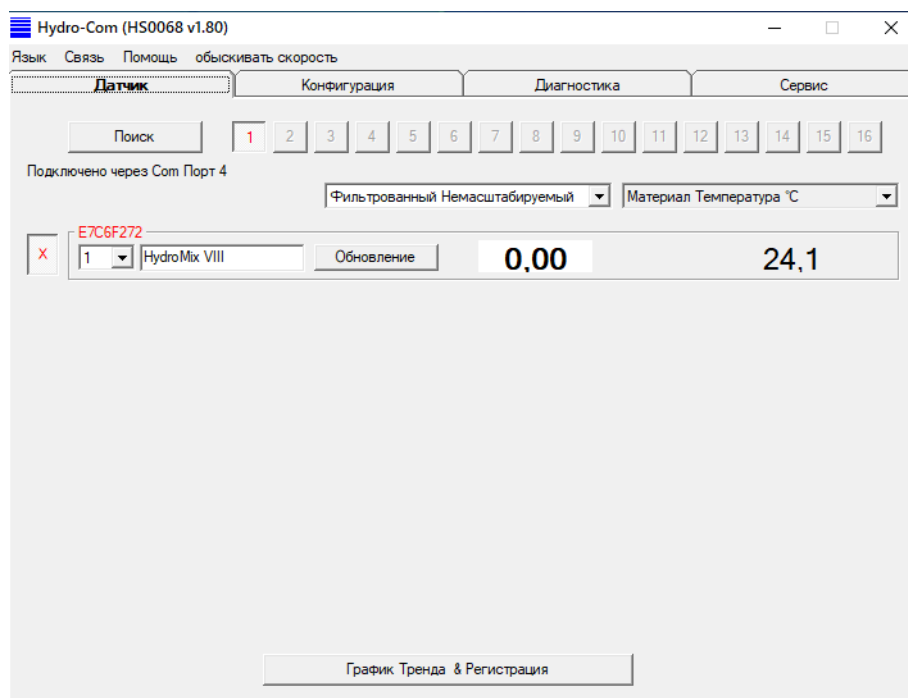


Рис.4. Вид экрана ПК при работе с ПО Hydro-Com

Влагомер FIZEPR-SW100.17.12 был настроен таким образом, чтобы время установления его показаний было меньше, чем у Hydro-Mix VII, с тем, чтобы на момент записи у обоих влагомеров были установившиеся показания. С этой целью параметр «усреднение частоты» влагомера FIZEPR-SW100.17.12 был выбран равным 16 (см. рис.5).

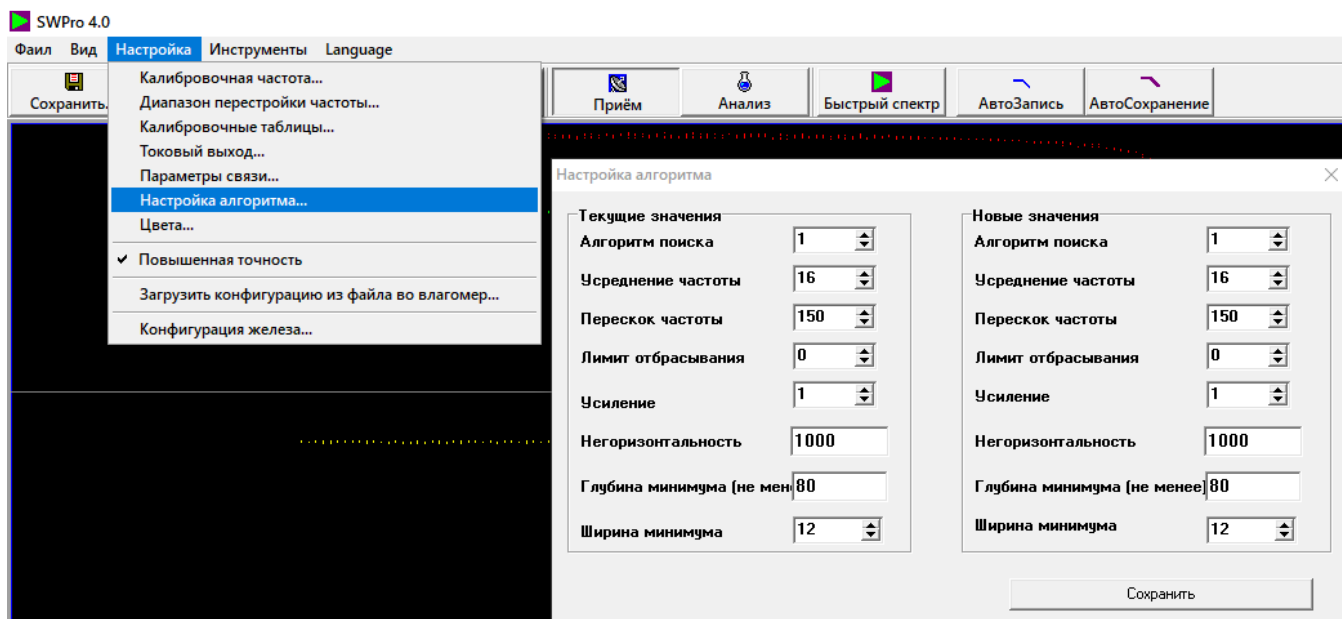


Рис.5. Вид экрана ПК при работе с ПО SWPro.

При данных испытаниях применялись следующие средства измерений:

1. Термогравиметрический анализатор влажности A&D ML-50 (см. рис. 6).
2. Весы электронные ВЭТ-6-0,5/1-1С-АБ (для приготовления проб).
3. Цилиндрический груз (поршень) со шкалой для уплотнения. Шкала откалибрована по глубине установки датчиков в трубах, цена деления – 1мм (см. рис. 3).
4. Секундомер (для определения момента снятия показаний влагомера).



Рис.6. Термогравиметрический анализатор влажности A&D ML-50

3. Проведение измерений и оценка полученных результатов

Для корректного сравнения глубины зондирования влагомеров необходимо, чтобы испытываемые влагомеры имели одинаковую выходную характеристику. Поэтому для приведения показаний влагомеров к одному масштабу градуировка влагомера FIZEPR-SW100.17.12 была произведена под шкалу влагомера Hydro-Mix HM07 (см. Приложение 1).

Далее проведена засыпка одновременно в два цилиндра (две трубы) первых проб песка с влажностью 5,6%, затем выполнена утрамбовка и записаны показания влагомеров. Далее эти пробы песка удалялись и вместо них засыпались новые пробы песка, утрамбовывались и снимались показания влагомеров с задержкой во времени (для стабилизации показаний).

Таких шагов выполнено 18: измерения проводились для 9-и значений толщины слоя материала и для каждого значения толщины измерения повторялось по 2 раза. Результаты сведены в табл.1 и по этим данным построены графики (см. рис. 7), иллюстрирующие зависимость показаний влагомеров от толщины слоя песка (высоты слоя песка), заполняющего трубу.

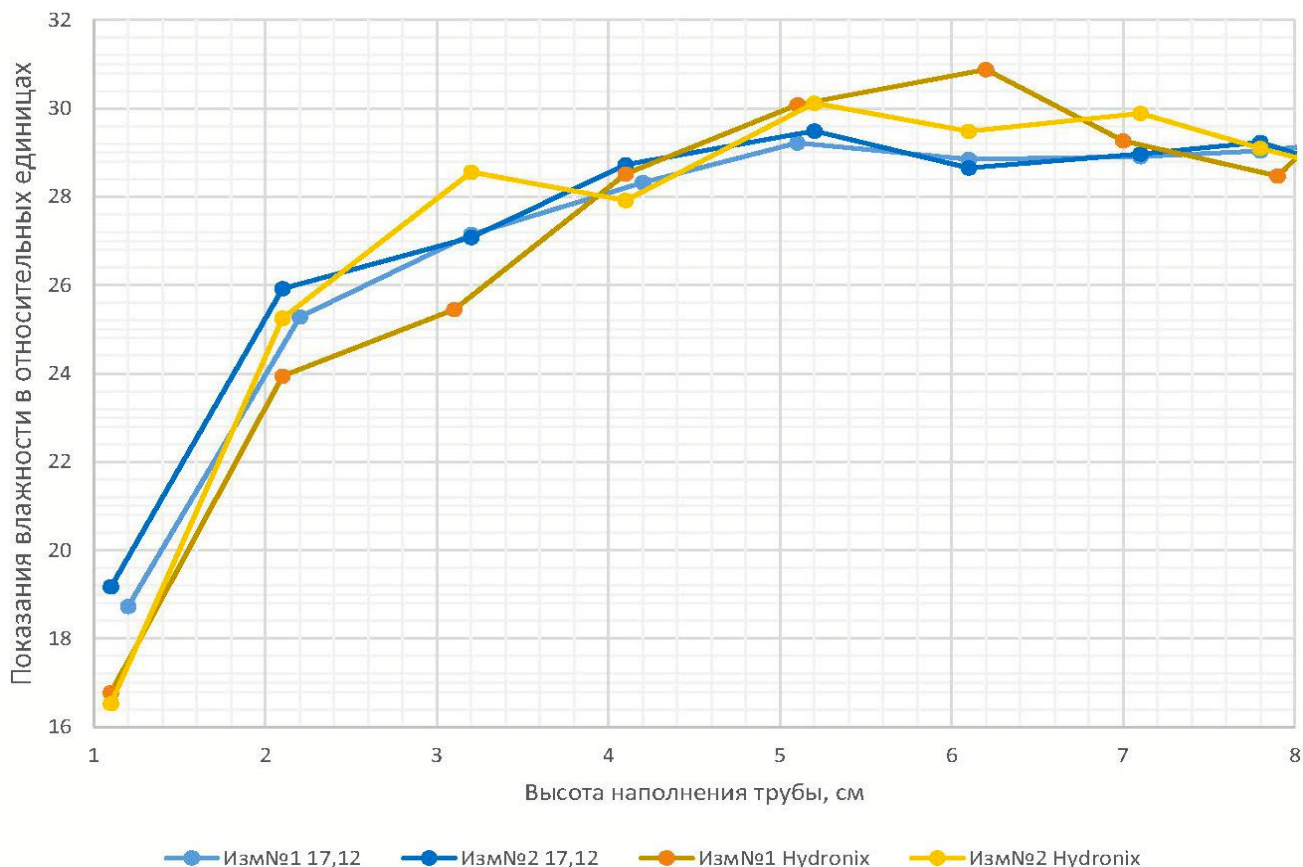


Рис.7. Графики реакции влагомеров FIZEPR-SW100-17.12 и Hydro-Mix HM07 на изменение толщины (высоты) слоя песка в цилиндрах (трубах)

Таблица 1

FIZEPR-SW100.17.12				Hydro-Mix HM07			
№	Толщина слоя песка, см	Вес пробы, г	Показания влагомера	Время ожидания, мин	Толщина слоя песка, см	Вес пробы, г	Показания влагомера
1.1	1,2	120	18,73	2:00	1,1	120	16,78
1.2	1,1	120	19,17	2:00	1,1	120	16,53

FIZEPR-SW100.17.12				Hydro-Mix HM07			
2.1	2,2	240	25,28	2:00	2,1	240	23,94
2.2	2,1	240	25,92	2:00	2,1	240	25,25
3.1	3,2	360	27,15	2:00	3,1	360	25,45
3.2	3,2	360	27,08	2:00	3,2	360	28,56
4.1	4,2	480	28,32	2:00	4,1	480	28,52
4.2	4,1	480	28,73	2:00	4,1	480	27,92
5.1	5,1	600	29,22	2:00	5,1	600	30,08
5.2	5,2	600	29,49	2:00	5,2	600	30,12
6.1	6,1	720	28,85	2:00	6,2	720	30,88
6.2	6,1	720	28,65	2:00	6,1	720	29,48
7.1	7,1	840	28,91	2:00	7	840	29,27
7.2	7,1	840	28,97	2:00	7,1	840	29,89
8.1	7,8	960	29,04	2:00	7,9	960	28,47
8.2	7,8	960	29,23	2:00	7,8	960	29,1
9.1	8,2	1080	29,2	2:00	8,2	1080	29,6
9.2	8,3	1080	28,62	2:00	8,3	1080	28,6

По графикам видно, что показания влагомеров перестают меняться при толщине слоя песка, превышающем 5см. Таким образом границы чувствительности (глубина зондирования) обоих влагомеров практически совпадают и равны 5см.

По завершении процесса измерений с помощью термогравиметрического анализатора влажности была проверена итоговая влажность песка, из которого формировались пробы. Неожиданно выяснилось, что в процессе испытаний влажность песка с 5,6% упала до 4,8%, т.е. в процессе измерений и манипуляций с песком вода частично испарилась. Но т.к. все пробы для обоих влагомеров формировались одновременно, то влияние этого эффекта сказалось на результатах по обоим влагомерам одинаково.

Выводы:

Влагомеры FIZEPR-SW100.17.12 и Hydro-Mix HM07 имеют одинаковую глубину зондирования, равную примерно 5 см.

Испытания проведены:

вед. инженер Сарсенов И.И. _____

ст. инженер Калинин Р.В. _____

Подготовка влагомеров к измерениям

1. У влагомера Hydro-Mix VII использован выход «Фильтрованный Немасштабируемый» (стандартный режим), причём, показания соответствуют данным, приведенным в таблице 2

Таблица 2

Среда	Показания	Единица измерения
Воздух	0	отн. ед.
Вода	100	отн. ед.

2. Влагомер FIZEPR-SW100.17.12 определяет коэффициент замедления $K_{\text{зам}}$ электромагнитной волны в контролируемом материале. Пересчет $K_{\text{зам}}$ во влажность производится по калибровочным таблицам, составленным для набора температур и заложенным в память влагомера. Каждому виду материала соответствует своя калибровочная таблица.

3. Для определения глубины зондирования каждого влагомера и корректного сравнения чувствительности влагомеров необходимо, чтобы влагомеры имели одинаковую выходную характеристику. Поэтому для приведения показаний к одному масштабу выполнена градуировка влагомера FIZEPR-SW100.17.12 под показания влагомера Hydro-Mix VII.

В измерениях применялся песок с влажностью $W=5,6\%$. Это такая влажность, при которой еще практически отсутствует стекание воды на дно, где находятся сенсоры (в область максимальной чувствительности).

В данных экспериментах параметр влажность W определяется следующим соотношением:

$$W, \% = \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{в}} + M_{\text{с}}} \times 100\%;$$

где: $M_{\text{в}}$ - масса воды, г;

$M_{\text{с}}$ - масса сухого песка, г

Перед проведением измерений оба влагомера были откалиброваны по воздуху, а для влагомера Hydro-Mix VII была проведена также калибровка по воде (см. рис. 8 и 9).

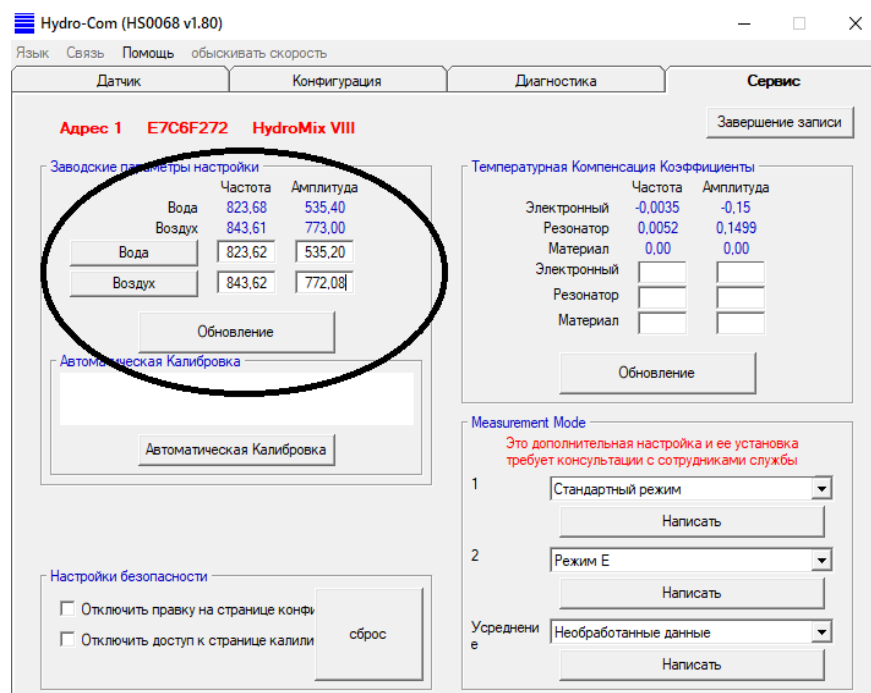


Рис.8. Калибровка Hydro-Mix VII по воздуху и воде

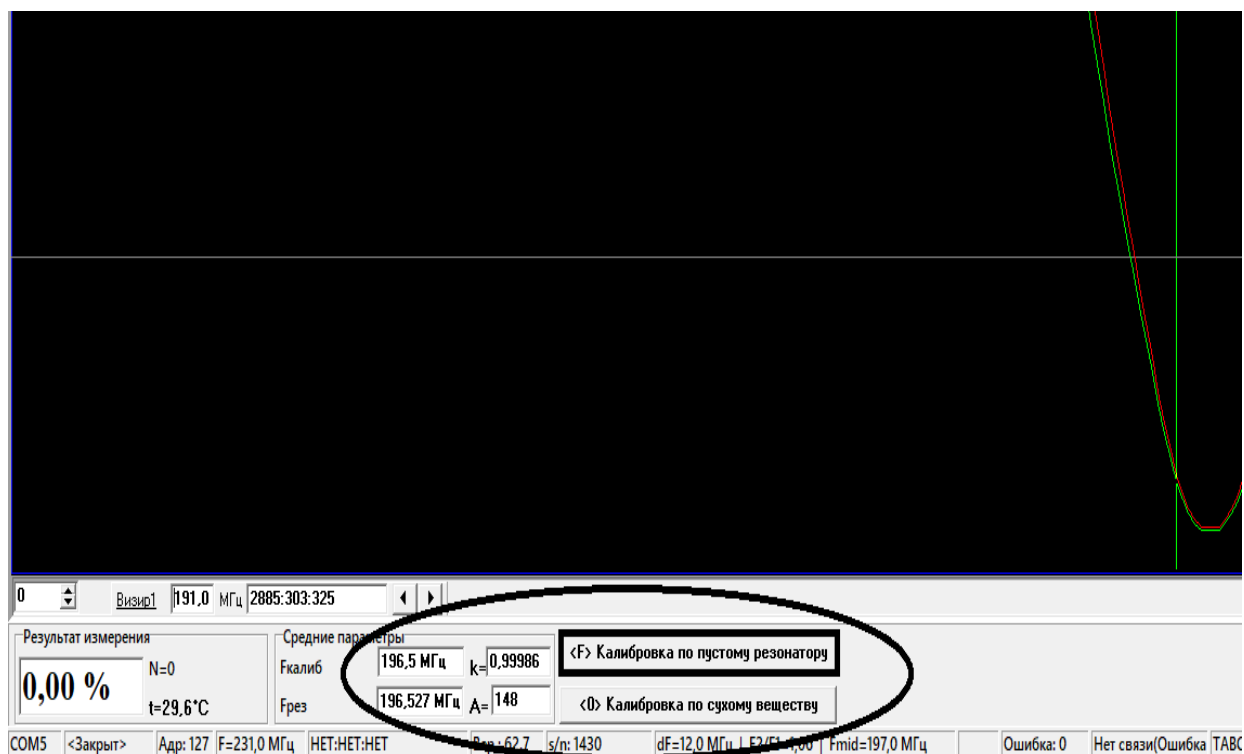


Рис. 9. Калибровка FIZEPR-SW100.17.12 по воздуху

Для построения проверочной градуировочной характеристики были использованы 2 точки влажности ниже и выше 5,6%, а именно выбраны точки 4% и 8%. Далее были приготовлены пробы песка с указанными значениями влажности. Влажность контролировалась с помощью термогравиметрического анализатора влажности. Далее выполнены измерения, при которых цилиндры (трубы) были полностью заполнены песком. Результаты измерений сведены в таблицу 3.

Таблица 3

№	FIZEPR-SW100.17.12		Материал	Показания Hydro-Mix по выходу "Фильтрованный Немасштабируемый" (стандартный)	Комментарий	Время ожидания (для установления показаний)
	К _{зам}	Ф _{рез} , МГц				
1	1,0688	184,031	песок 4%	30,6	1-я засыпка	2мин 00сек
2	1,0694	183,94	песок 4%	29,96	2-я засыпка	2мин 00сек
3	1,0707	183,708	песок 4%	29,89	3-я засыпка	2мин 50сек
4	1,0971	179,285	песок 8%	37,61	1-я засыпка	3мин 00сек
5	1,0943	179,744	песок 8%	37,53	2-я засыпка	3мин 00сек
6	1,0925	180,043	песок 8%	37,27	3-я засыпка	3мин 00сек

Полученные данные усреднены (см. табл. 4) и введены в калибровку влагомера FIZEPR-SW100.17.12.

Таблица 4

К _{зам}	Показания Hydro-Mix (усредненные)
1	0
1,07	30,15
1,095	37,47

Далее, для проверки калибровки влагомера была приготовлена проба песка с влажностью 5,6% и засыпана в оба цилиндра. Результаты трех контрольных замеров приведены в таблице 5.

Таблица 5

	Показания FIZEPR-SW100.17.12	Показания Hydro-Mix VII	Разница в показаниях влагомеров
1-я засыпка, песок 5,6%, измерения спустя 2 минуты	30,87	30,32	-0,55
2-я засыпка, песок 5,6%, измерения спустя 3 минуты	30,57	30,95	0,38
3-я засыпка, песок 5,6%, измерения спустя 3 минуты	30,45	30,79	0,34

Из таблицы 5 видно, что показания влагомеров различаются несущественно (примерно на 0,01 от измеряемого значения), эти различия обусловлены невозможностью обеспечения одинаковой насыпной плотности песка в цилиндрах (трубах).