

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ВЛАЖНОСТИ МАТЕРИАЛОВ С РАДИОМОДУЛЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Здоровцев С.В., Кузнечиков А.Ф., Кушнеров Д.П., Сидорик О.В.

В последнее время для экспресс-контроля влажности сыпучих материалов все большее распространение получают косвенные физические методы измерения. Они основаны на преобразовании влажности в какую-либо физическую величину, удобную для измерения или дальнейшего преобразования с помощью измерительных преобразователей. В зависимости от характера измеряемого параметра, косвенные методы подразделяют на электрические и неэлектрические. В основе электрических методов измерения влажности лежит прямое измерение электрических параметров исследуемого материала. Среди электрических методов измерения влажности сыпучих материалов наибольшее применение получили кондуктометрические и диэлькометрические (емкостные). Наиболее распространенным является диэлькометрический метод, благодаря высокой чувствительности в широком диапазоне измерений, получению информации о влажности в виде электрического сигнала, возможности реализации метода компактными и недорогими приборами для дискретных и непрерывных измерений.

В работе представлены результаты разработки измерителя влажности материалов (ИВМ), использующего диэлькометрический метод измерения, структурная схема которого представлена на рисунке 1.

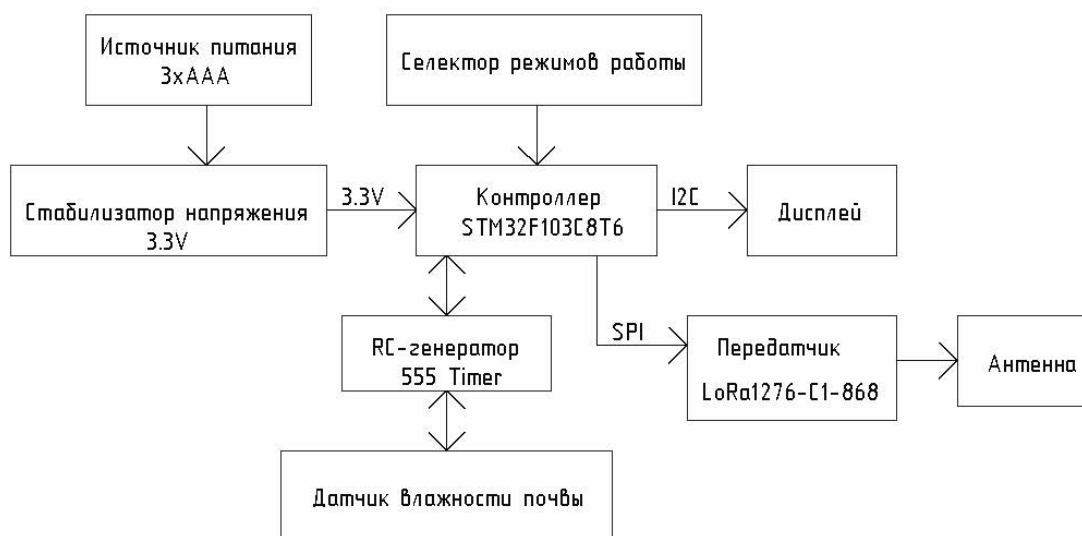


Рисунок 1 – Структурная схема ИВМ

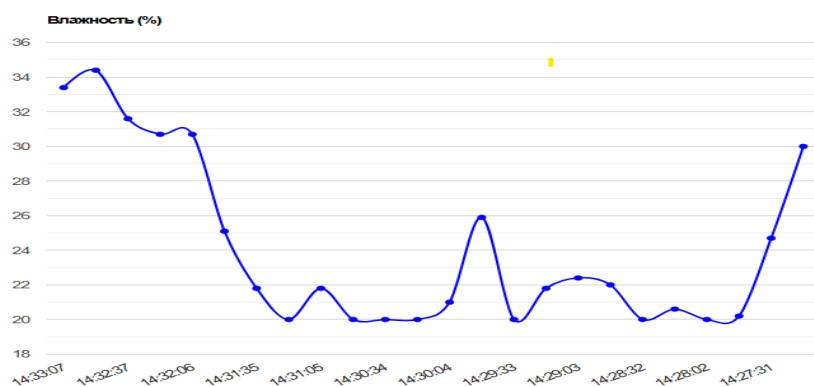
В качестве датчика влажности использованы два металлических электрода из материала Д16, покрытые тонким слоем оксидной диэлектрической пленки, обеспечивающей электрическую изоляцию электродов. Параллельно расположенные электроды выполняют роль конденсатора, включенного в резонансный контур RC-генератора импульсов, построенного на микросхеме LCM555. В зависимости от степени влажности материала изменяется емкость конденсатора-датчика влажности, что приводит к изменению частоты выходного импульсного сигнала RC-генератора. Обработка измерительного сигнала выполняется микроконтроллером на микросхеме STM 32F103C8T6. Режим работы контроллера регулируется селектором, который обеспечивает два режима работы: режим автономной работы с регистрацией данных на встроенном индикаторе и режим беспроводной передачи данных на удаленный ПК. В качестве встроенного индикатора использован 3-х разрядный, 7-ми сегментный светодиодный индикатор RXM-0304. Для беспроводной передачи данных на удаленный ПК использована технология радиосвязи LoRa. С этой целью в прибор встроены модуль радиопередатчика LoRa 1276-C1-868, использующий метод прямой последовательности расширения спектра, обладающий характеристиками сильной защиты от помех. Для увеличения дальности передачи измерительной информации в приборе использована внешняя ВЧ-антенна ANT401. Электропитание прибора обеспечивает блок из трех элементов ААА и стабилизатор напряжения 3,3 В

Прибор выполнен в виде логгера (регистратора данных) в пластиковом корпусе с электродами-штырями для погружения в контролируемый материал. ИВМ оснащен внешней антенной для беспроводной передачи данных на удаленный модем или базовую станцию. Фотография прибора представлена на рисунке 2.



.Рисунок 2 – Фото ИВМ

Прибор обеспечивает экспресс-контроль влажности сыпучих материалов с индикацией данных на встроенном ЖК-дисплее, а также позволяет передавать результаты измерений по радиоканалу на модем или базовую станцию. Прибор является универсальным измерительным устройством для различных сыпучих материалов (почва, грунт, зерновые, строительные смеси). Для конкретной партии измеряемого материала производится индивидуальная градуировка прибора. При подключении базовой станции/модема к сети Интернет имеется возможность трансляции измерительной информации на облачный сервер с формированием базы данных и составлением электронных отчетов о результатах измерений. Считывание результатов измерений выполняется с помощью ПК, планшета, смартфона в числовой, графической, табличной формах. Доступ пользователей к базе данных облачного сервера осуществляется через установленные логин и пароль.



ID	Влажность (%)	Время измерения
438	33.4	09.10.2025, 14:33:07
437	34.4	09.10.2025, 14:32:52
436	31.6	09.10.2025, 14:32:37
435	30.7	09.10.2025, 14:32:21
434	30.7	09.10.2025, 14:32:06
433	25.1	09.10.2025, 14:31:51
432	21.8	09.10.2025, 14:31:35
431	20	09.10.2025, 14:31:20
430	21.8	09.10.2025, 14:31:05
429	20	09.10.2025, 14:30:50
428	20	09.10.2025, 14:30:34
427	20	09.10.2025, 14:30:19
426	21.0	09.10.2025, 14:30:04
425	25.9	09.10.2025, 14:29:49
424	20	09.10.2025, 14:29:33
423	21.8	09.10.2025, 14:29:18
422	22.4	09.10.2025, 14:29:03
421	22.0	09.10.2025, 14:28:48
420	20	09.10.2025, 14:28:32
419	20.6	09.10.2025, 14:28:17
418	20	09.10.2025, 14:28:02
417	20.2	09.10.2025, 14:27:46
416	24.7	09.10.2025, 14:27:31
415	30.0	09.10.2025, 14:27:16

### Технические параметры ИВМ

Наимевание параметра,	Значение для почвы/грунта-	Значение для зерновых
Диапазон измерения влажности	от 0 до 98 %	от 5 до 30 %
Погрешность измерен влажности	± 3,0 %	± 3,0 %
Определение пределов	есть	есть
Индикатор параметров	GNT-3631AS-21	GNT-3631AS-21
Протокол радиосвязи	LoRaWAN	LoRaWAN
Дальность связи с терминалом	3 000 м	3 000 м
Электропитание	3 элемента ААА	3 элемента ААА
Размеры, масса	140x65x28, 0,35 кг	140x65x28, 0,35 кг

Контакты:

Здоровцев Сергей Васильевич

Тел. сл.+375 17 2700247; тел. моб. +375 29 6728894

E-mail: zgk@mnipi.by