



**НАО Восточно-Казахстанский технический  
университет им. Д. Серикбаева**

# **«Разработка уровнемера для сыпучих материалов»**

**диссертации на соискание степени магистра  
техники и технологии по направлению «Автоматизация и управление»**

**Выполнил,**

**магистрант гр. 19-МПСК-2п**

**Тоқтарханов Ә.Ә.**

**Научный руководитель,**

**кандидат физико-математ.наук, Профессор ВКТУ      Алонцева Д.Л.**

**Усть-Каменогорск, 2020**

---

## **Цель диссертационной работы**

Целью настоящей разработки является проектирование системы, выбор схемы прибора, написания для него программного обеспечения, а также обеспечения лёгкости в эксплуатации этого прибора.

## **Объект исследования**

Объектом исследования является система прибора, измеряющая уровень сыпучих материалов при помощи излучения и приёма отражённого ультразвукового сигнала.

## **Предмет исследования**

Видеотерминальное устройство для отображения информации; электронный блок-ЭБ; термодатчик –ДТ; акустический датчик- АД; прижимное устройство-ПУ; кабельная коробка-КК;

# Задачи исследования

1. Определение актуальности выбранного направления исследования и анализ существующих систем уровня
2. Аналитический обзор
3. Расчетно-теоретические и экспериментальные исследования
4. Анализ результатов и сравнение

# Идея диссертационной работы

Управление технологическими процессами во многих отраслях промышленности связан с измерениями уровня жидкости или сыпучих материалов в тех или иных резервуарах, цистерн и т.д. Современные системы автоматизации производства требуют статистических и информационных данных, позволяющие оценить затраты, предотвратить убытки, оптимизировать управление производственным процессом, повысить эффективность использования сырья (расходомеры). Это постоянно возрастающий спрос на информацию приводит к необходимости применения в системах контроля не простых сигнализаторов, а средств, обеспечивающих непрерывное измерение.

# РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА УРОВНЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ЕМКОСТНОГО ТИПА

**Уровнемеры** - это специальные устройства, которые используются для определения уровня жидкостей, порошков и других материалов или сырья в определенных резервуарах, в которых они хранятся, или в рабочей среде. Уровнемеры - абсолютно необходимые приборы в современной промышленности (практически во всех областях) и технике (как, например, у дизельного генератора электрического тока необходимо следить за уровнем дизеля в топливном баке, по уровню охлаждающей жидкости, уровнем смазочных веществ и т.д.).

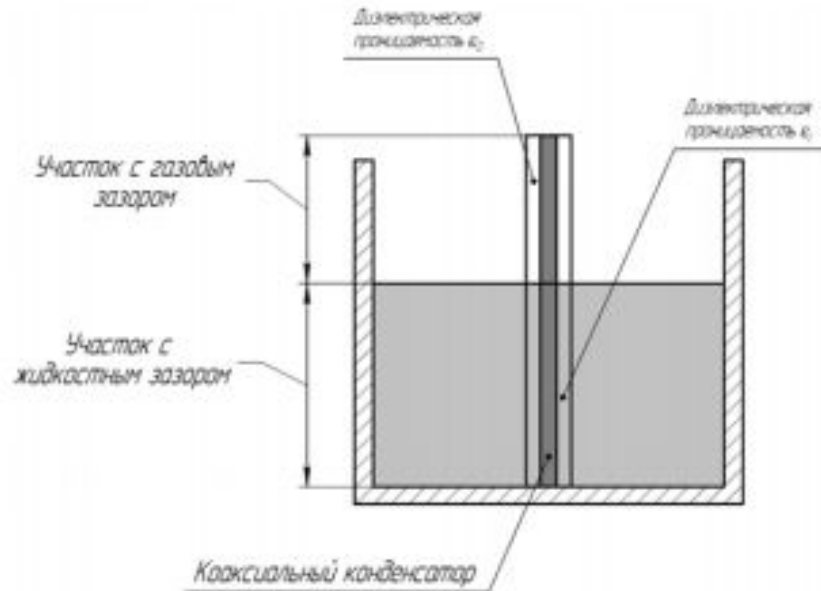
---

# Классификация уровнемеров

«Сыпучий материал - это коллектив частиц, обладающих одной природой». Физико-механические свойства сыпучих материалов и смесей. Для измерения уровня сыпучих веществ используют датчики механического принципа (ротационные, вибрационные, лотов), емкостного, ультразвуковой эхолокации, микроволновой радиолокации, тензometрами.

# Основные методы измерения уровня:

- лотовые;
- ультразвуковые;
- акустические;
- емкостные.



В основу работы данного типа датчика положено свойство конденсатора изменять свою емкость при изменении состава и распределения материала диэлектрика, разделяющий пластины конденсатора

## Основные методы измерения уровня:

Дифференциальный метод представляет собой метод сравнения с мерой, в котором на измерительный прибор (обязательно прибор сравнения) влияет разница измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой, причем эта разница не доводится до нуля, а измеряется измерительным прибором прямого действия.

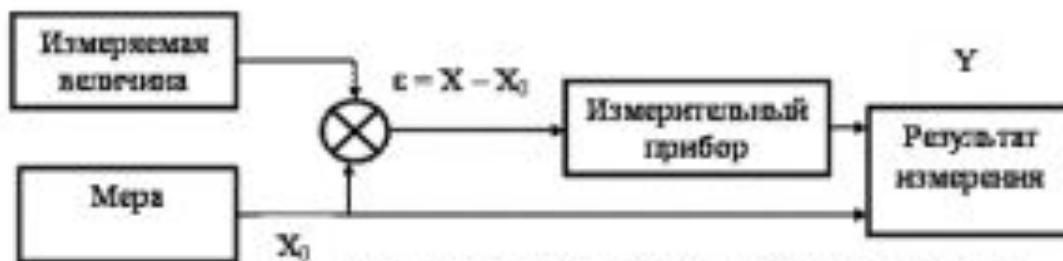


Рис. 2.6. Дифференциальный метод измерения

Здесь мера имеет постоянное значение  $X_0$ , разница измеряемой величины  $X$  и меры  $X_0$ , то есть  $e = X - X_0$ , не равна нулю и измеряется измерительным прибором. Результат измерения находится как  $Y = X_0 + e$ .



# Современное состояние проблемы разработки уровнемеров для сыпучих материалов

В современных промышленных технологических процессах (ТП) необходим контроль количественных характеристик (массы, объема) и расхода веществ в различных местах хранения - бункерах, баках, резервуарах, колодцах. Данные о количестве вещества в подавляющем большинстве случаев получают косвенно, в результате обработки измеренных значений расстояния от базовой поверхности до поверхности границы раздела газовой среды, в частности, воздуха и вещества. Традиционно эта операция измерения расстояния называется измерением уровня, а приборы, реализующие эту операцию, уровнемерами или измерителями уровня сыпучих материалов.

---

Датчики параметров сыпучих материалов подходят для работы с любыми сыпучими веществами в рамках различных производств, таких как:

- Пищевое производство и агропромышленный комплекс: зерно, мука, сахар, крупы, комбикорма и т.д.;
- Строительство: цемент, бетон, сухие строительные смеси, песок, щебень и т.д.;
- Химическая промышленность и фармакология, производство полимеров, пластмасс и изделий из них;
- Добывающая и перерабатывающая промышленность;
- Деревообработка и т.д.

---

# **Разработка алгоритма корреляционного приема частотно-модулированного ультразвукового сигнала для применения в измерителях уровня сыпучих материалов**

Для разработки измерителя уровня сыпучих материалов, использующего ультразвуковой сигнал необходимо разработать алгоритм корреляционного приема ультразвукового сигнала.

Основная проблема, требующая решения - это обеспечение надежной работы прибора с высокой точностью измерений за счет распознавания частотно-модулированного сигнала отражателя, сильно рассеиваемого в воздушной среде, с низкой амплитудой и, соответственно, сильно зашумленного.

Методы корреляционного приема сигнала широко применяются в радарной технике, в системах обработки сигналов сонаров и эхолотов. Эти методы позволяют достигнуть высокого разрешения во временной области (получить точную оценку транспортной задержки сигнала) при работе с сильно зашумленным сигналом

Метод LFM широко применяется в радарной технике, благодаря своим хорошим автокорреляционным свойствам и чувствительности LF – модулированных сигналов к эффекту Доплера. Как следует из названия, LFM сигнал характеризуется линейным изменением мгновенной частоты со временем [8]. В методе линейной частотной модуляции, комплексный сигнал  $s(t)$  задается во временной области уравнением

$$s(t) = \exp(j \cdot \Phi(t))$$

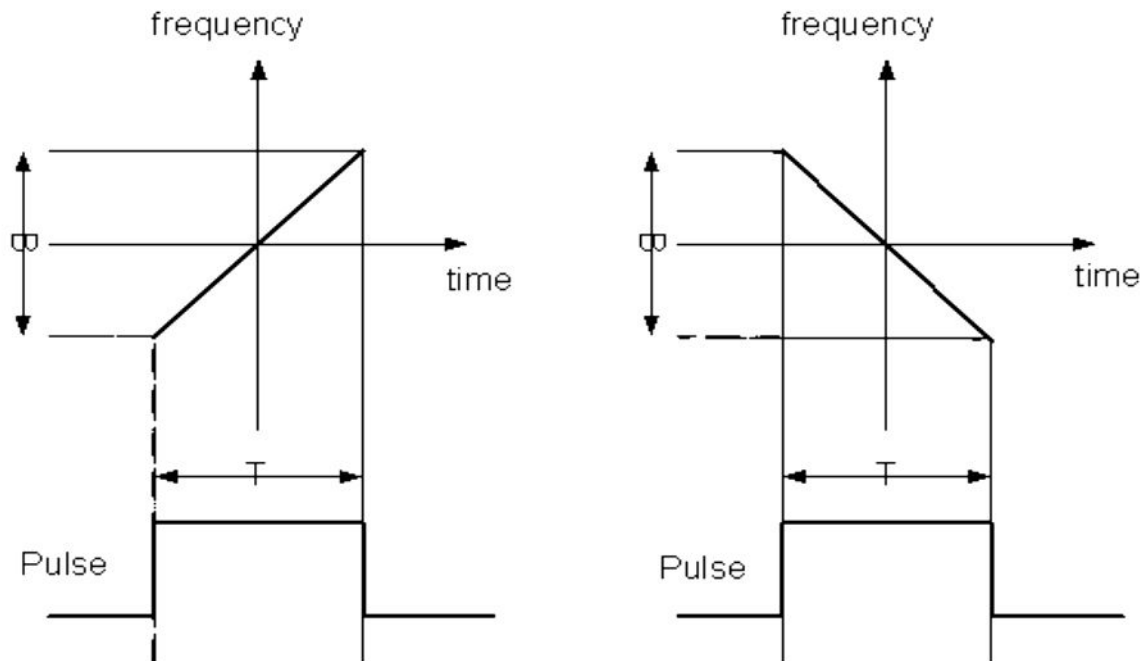
где  $\Phi(t)$  - мгновенная фаза, определяемая уравнением

$$f(t) = 2 \cdot \pi \cdot (f_0 \cdot t \pm K \cdot t^2)$$

Предлагаемый нами способ корреляционного приема LFM сигнала состоит из двух последовательных стадий: проведения рекурсивной кросс - корреляционной обработки двух битовых потоков и применения цифрового сглаживающего фильтра низких частот к продукту предыдущей стадии. Принятый сигнал преобразуется сигма-дельта модулятором в битовый поток, который мы будем обозначать дискретной функцией  $x_l(t)$ . Сигнал передатчика преобразуется в опорный битовый поток компаратором. Соответствующий опорному битовому потоку дискретный сигнал из  $N$  отсчетов, мы будем обозначать как  $h_l(i)$ . Тогда кросс-корреляционная функция  $c_l(t)$  дискретных сигналов  $x_l(t)$  и  $h_l(i)$  определяется уравнением :

$$c_l(t) = \sum_{i=0}^{N-1} [h_l(N-i)] \cdot x_l(t-i)$$

# Изображение частотно – временной характеристики LF – сигнала



Задав разность между значениями корреляционной функции в «соседних» отсчетах можно получить вычислительно – эффективный рекурсивный алгоритм вычисления кросс-корреляционной функции приемного и переданного сигнала, который является основой предлагаемого нами метода. Поскольку битовый поток  $x_1(t)$ , соответствующий принятому сигналу содержит высокочастотную шумовую составляющую (как побочное следствие применения сигма-дельта модуляции), для улучшения соотношения сигнал-шум в демодулированном сигнале необходимо применение фильтра низких частот дискретному сигналу  $c_1(t)$ . Простейший вариант такого фильтра – «скользящее среднее» дает вполне удовлетворительные результаты при разумном выборе длины фильтра  $M$ :

$$c_s(t) = \sum_{i=0}^{M-1} c_1(t - i).$$

---

## Заключение

- 1) Был проведен обзор и анализ современных разработок в области создания и тестирования систем, измеряющих уровень сыпучих материалов при помощи излучения и приёма отражённого ультразвукового сигнала.
- 2) Разработан алгоритм демодуляции LFM сигнала в среде Matlab.
- 3) Проведена симуляция работы разработанного алгоритма демодуляции LFM сигнала в среде Matlab, подтверждена корректность работы алгоритма. Сделан вывод том, что в связи с тем, что предлагаемый нами метод не требует значительных вычислительных мощностей, его практическое применение для приема ультразвуковых сигналов позволит значительно упростить схемотехнику ультразвуковых приборов для применения в измерителях уровня сыпучих материалов.



---

# Проведение натуральных экспериментов

- Планируется в 2021 году.

---

## Публикации

1. Токтарханов Э.Э., Красавин А.Л., Алонцева Д.Л. АЛГОРИТМ  
КОРРЕЛЯЦИОННОГО ПРИЕМА ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННОГО  
УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ИЗМЕРИТЕЛЯХ  
УРОВНЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Материалы VI Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых инновационному развитию Казахстана», 9-10 апреля 2020 г., ВКГТУ, Усть-Каменогорск, Казахстан, № 70, Секция 4.

---

Спасибо за внимание.