

УДК 681.586.621.37:543.275.1

В. Н. ГОРОБЕЦ, кан. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, Харьков;
А. Л. КОВОРТНЫЙ, мл. науч. сотр., Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, Харьков;
Ю. В. ГОНЧАРЕНКО, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, Харьков;
Ф. В. КИВВА, докт. физ.-мат. наук, зав. отделом, Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, Харьков;
С. М. ЗОТОВ, научный сотрудник, Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, Харьков;
М. И. ГОЛОВКО, старший инженер, Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, Харьков;
А. А. СЕВЕНКО, ведущий инженер, Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, Харьков;
Р. П. КОЛКОВ, директор, ООО"КБ ТИТАН", Харьков.

МИКРОВОЛНОВОЙ ДАТЧИК УРОВНЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Датчиков уровня с различными функциями для различных материалов, уровень которых необходимо измерять и контролировать существует значительное количество. В работе представлен датчик для сигнализации предельных значений уровня бетонной смеси, который может быть использован в загрузочных бункерах технологических линий по изготовлению бетонных изделий, а также использован как измеритель влажности. Он обладает улучшенными показателями, такими как чувствительность, точность, механическая прочность по сравнению с другими датчиками, используемыми в аналогичных технологических процессах.

Ключевые слова: сигнализатор уровня, бетонная смесь, микроволны, резонанс.

Введение. Измерение уровня жидкостей и сыпучих материалов играет важную роль при автоматизации многих технологических процессов. В зависимости от условий измерения и характера контролируемой среды используются различные методы измерения уровня. Если нет необходимости в дистанционной передаче показаний, то уровень можно измерять датчиком уровня с визуальным отсчетом (указательные стекла). При необходимости дистанционного измерения уровня применяются более сложные датчики: гидростатические, буйковые и поплавковые, емкостные, индуктивные, радиоизотопные, волновые, акустические, термокондуктометрические. Разнообразие принципов действия и конструктивных исполнений датчиков

уровня обусловлено спецификой их использования для измерения уровня различных материалов – сыпучих материалов и жидкостей [1].

Если задача измерения уровня жидкости достаточно хорошо изучена, то проблема измерения уровня сыпучих материалов является более сложной. Имеется ряд обстоятельств, усложняющих задачу измерения уровня сыпучих материалов по сравнению с измерением уровня жидкостей. В первую очередь это связано с тем, что поверхность сыпучего материала расположена к горизонтали под углом естественного откоса, причем этот угол при заполнении или опорожнении емкости может быть различным.

Отрицательными качествами сыпучих материалов являются способность к налипанию и абразивное воздействие, что приводит к потере чувствительности и повышенному износу датчиков приборов контроля уровня [2].

Кроме того неоднородность веществ в объеме влияет на физические свойства материала, что усложняет применение методов измерения уровня, использующих определенные физические свойства.

По физическому состоянию бетонная смесь занимает особое, промежуточное положение между жидкостями и твердыми веществами. Она обладает определенной текучестью, в то же время ей присущи свойства сыпучих материалов – неоднородность, абразивность и способность к прилипанию.

По своему назначению датчики уровня делятся на сигнализаторы и уровнемеры.

Часто по условиям технологического процесса нет необходимости в измерении текущего уровня по всей высоте аппарата (бункера). В таких случаях применяют сигнализаторы уровня, в которых выходной сигнал возникает при достижении уровнем верхнего или нижнего предельных значений.

На сегодняшний день датчиков уровня существует огромное множество с различными функциями для различных материалов, уровень которых необходимо измерять и контролировать. Самое существенное отличие разных уровнемеров – это технологии и принципы их работы.

Большое разнообразие методов и принципов измерения уровня веществ, от которых зависит применение приборов, качество их работы, стоимость и доступность, обусловлены сложностью этого процесса. В первую очередь это касается сыпучих и вязких веществ. Поэтому выбор того или иного датчика для каждого конкретного случая является практически основным фактором, определяющим работоспособность и качество всей системы контроля уровня [3].

Целью настоящей работы является разработка датчика (сигнализатора) уровня бетонной смеси в загрузочных бункерах технологических линий по изготовлению бетонных изделий, который обладал бы улучшенными показателями, такими как чувствительность, точность, механическая прочность по сравнению с другими датчиками, используемыми в аналогичных технологических процессах.

Технологические условия, которые необходимо учитывать при разработке датчика уровня бетонной смеси. Как было сказано выше, при разработке датчика уровня необходимо учитывать требования, предъявляемые к нему техническими условиями применения в конкретном технологическом процессе. В первую очередь необходимо учитывать физико-механические свойства контролируемого вещества: состав, плотность и объёмная масса, липкость, абразивность, угол откоса свободной поверхности при насыпании и обрушении, влажность и т.д. [2]. Большое значение для разрабатываемого датчика имеет характер истечения и загрузки вещества в ёмкость и её конструкция.

Примером технологического процесса, где может быть использован разрабатываемый датчик, является линия для производства мелкоштучных бетонных изделий Titan 900-120 DNEХ.

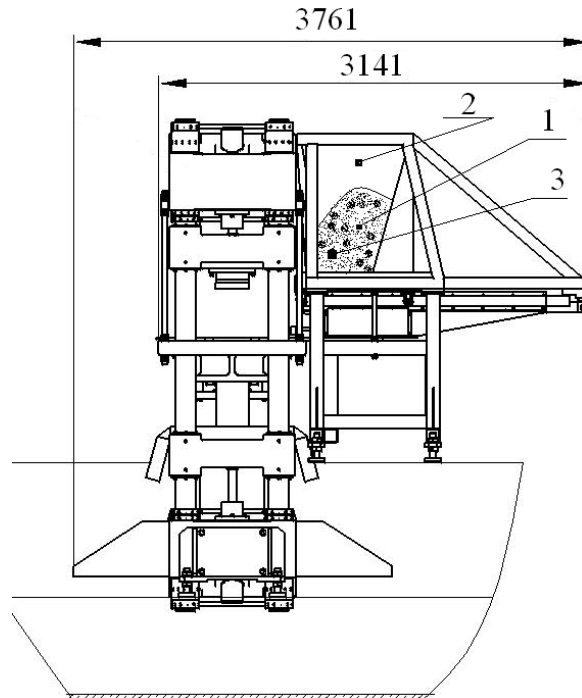


Рис. 1 – Гидравлический пресс Titan 900-120 DNEХ.
1 – бетонная смесь, 2, 3 – сигнализаторы уровня, 4 – загрузочный бункер.

На рис. 1 показана конструкция (в разрезе) бункера загрузки и дозировки бетонной смеси. Как видно из рисунка, трудности, возникающие при контроле уровня смеси следующие:

- угол откоса, образующийся при загрузке бункера, не позволяет использовать датчики с дистанционным измерением уровня (бесконтактные: ультразвуковые, акустические, микроволновые);
- абразивные свойства, а также большое давление потока загружаемой смеси на чувствительные элементы затрудняет использование емкостных, вибрационных, ротационных и других датчиков, в которых чувствительный элемент датчика должен находиться в потоке контролируемого вещества.

Для исключения этих недостатков в разрабатываемом датчике были предприняты следующие шаги:

- в качестве защитного материала для чувствительного элемента используется высокопрочная керамика;
- использование микроволн (400 – 800 МГц) с глубиной проникновения электромагнитного поля в смесь до 70-80 мм исключает влияние небольшого налипания смеси (20-30 мм) на работу датчика;
- датчики устанавливаются в таких местах (2 и 3, на рис.1), где наличие или отсутствие вещества адекватно отражает состояние контролируемого объема;
- установка датчика на вертикальную стенку бункера также уменьшает вероятность налипания смеси и повреждения керамической защиты датчика.

Физические предпосылки, используемые для реализации разрабатываемого датчика (сигнализатора) уровня. Сущность метода, используемого для реализации предлагаемого датчика уровня, заключается в измерении резонансных свойств высокочастотного (ВЧ) резонатора при попадании вещества (бетонной смеси) в поле резонатора. Широкое распространение резонансный метод получил при измерении параметров жидких веществ, где жидкость может полностью или частично заполнять внутренний объем резонатора [4,5]. В отличие от жидкости вязкое вещество (бетонная смесь) не обладает достаточной текучестью для заполнения объемного резонатора. При использовании резонансного метода для вязких веществ целесообразно применять открытые резонаторы, для которых характерно наличие не только внутреннего, но и внешнего полей.

Существует множество методов измерения параметров веществ, находящихся в электромагнитном поле резонатора. В зависимости от конструкции резонатора и характера размещения вещества в его электромагнитном поле имеет место соответствующая функциональная связь добротности Q с электрофизическими параметрами контролируемого вещества.

На рис. 2 показаны графики зависимости $U(f)$ для резонатора, соответственно, при отсутствии (этому случаю соответствуют резонансная частота f_1 и добротность Q_1 резонатора) и при размещении в его электромагнитном поле контролируемого вещества (Q_2, f_2).

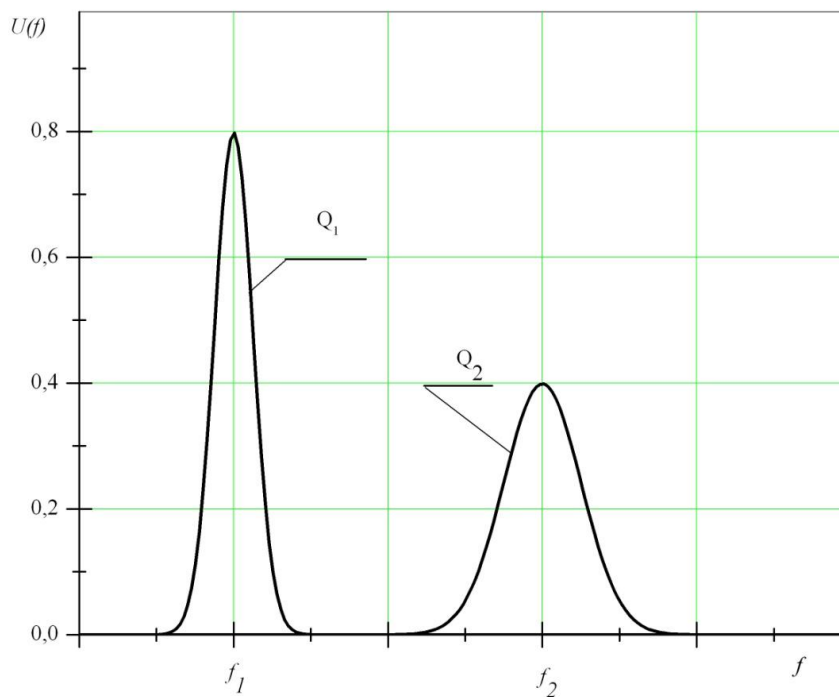


Рис. 2 – Зависимость напряжения на резонаторе для воздуха (Q_1, f_1) и контролируемого вещества (Q_2, f_2)

Измерение частоты смещения и амплитуды максимума резонансной кривой, а также её ширины на уровне половинной мощности позволяют судить не только о присутствии или отсутствии исследуемого вещества, но и об его физических свойствах, в частности, влажности.

Структурная схема и принцип работы сигнализатора уровня.
Структурная схема устройства, реализующего предлагаемый метод, приведена на рис. 3.

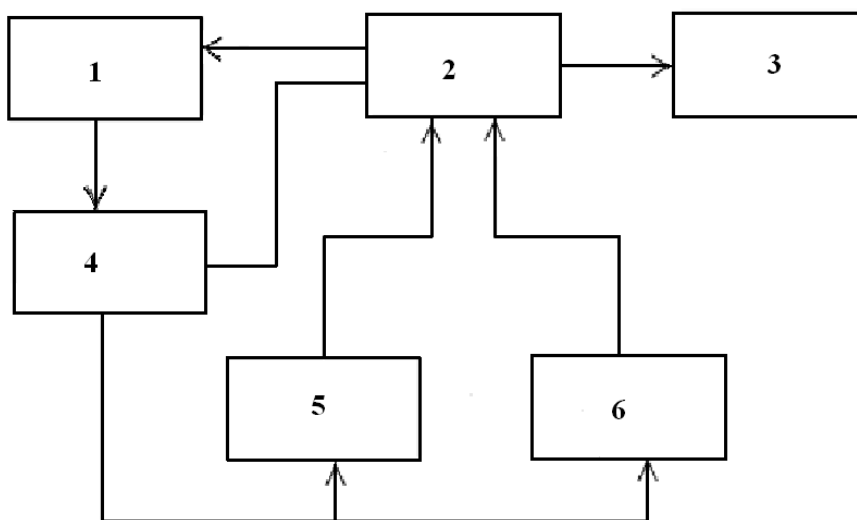


Рис. 3 – Структурная схема датчика уровня:

1 – синтезатор частоты, 2 – вычислительное устройство, 3 – индикатор, 4 – устройство АРУ, 5 – измерительный канал, 6 – опорный канал.

Устройство состоит из синтезатора частоты (1), управляемого вычислительным устройством (2), измерительного (5) и опорного (6) каналов, устройства АРУ (4) и индикатора (3).

Принцип работы устройства иллюстрируется на рис. 2. На первом этапе производится калибровка устройства по воздуху (кривая $Q1$, вещество в поле резонатора отсутствует). Генератор (1) вырабатывает сетку частот с шагом Δf . В качестве генератора, представляющего собой синтезатор частоты, может быть использована микросхема типа AD9833. Достоинством этой микросхемы является малое энергопотребление, низкая стоимость и возможность цифрового управления (для генерации синусоидального сигнала требуется только тактовый сигнал). Управление генератором осуществляется с помощью вычислительного устройства. В качестве вычислительного устройства можно использовать микроконтроллер семейства STM8. Микроконтроллер STM8S003F3P6 является дешевым, но при этом достаточно надежным и устойчивым компонентом, обладающим всеми необходимыми электрическими параметрами. Микроконтроллер управляет как генератором, так и устройством АРУ, которое представляет собой регулируемый аттенюатор (например – VAR64-05E6327). Сигналы, частотой f с шагом Δf , через устройство АРУ

поступают в измерительный и опорный каналы и, затем, в вычислительное устройство. В вычислительном устройстве производится сравнение измерительного и опорного сигналов для управления устройством АРУ и вычисление параметров измерительного сигнала ($f_1, U_1(f)$ на рис. 3). Измерительный канал (рис. 4) состоит из резонатора (L_p, C_p), детектора (Д2, тип – ВАТ15-03W) и усилителя (У2, тип – LM2904DR). Опорный канал предназначен для компенсации нелинейности генератора и отличается от измерительного канала тем, что вместо резонатора в нём используется сопротивление (R_A), эквивалентное волновому сопротивлению контура.

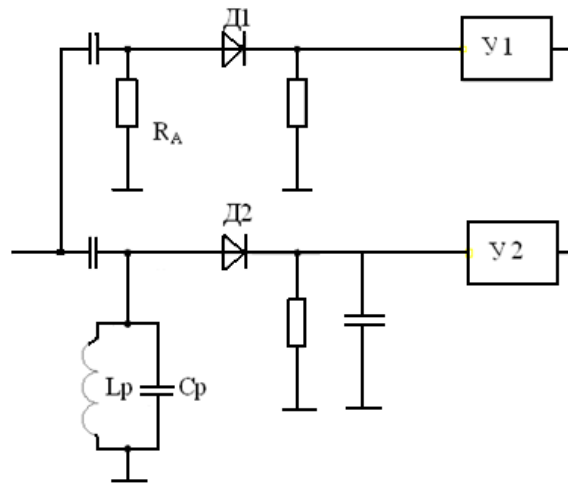


Рис. 4 – Измерительный и опорный каналы датчика уровня

При появлении вещества (бетонной смеси) в поле резонатора происходит смещение частоты резонанса (f_2) и изменение величины добротности (Q_2). После сравнения этих параметров с калибровочными в вычислительном устройстве вырабатывается сигнал о наличии или отсутствии вещества, который дальше поступает на индикатор.

Одним из достоинств датчика, кроме перечисленных ранее, является его многофункциональность. При соответствующей программной доработке, с помощью датчика можно определять некоторые физические параметры, например, влажность, которая является важным параметром в технологическом процессе изготовления бетонных изделий. Известно, что f и Q резонатора зависят от диэлектрической проницаемости вещества, которое полностью или частично заполняет объем резонатора. Диэлектрическая проницаемость в свою очередь зависит от влажности этого вещества. Таким образом, измеряя f и Q резонатора можно судить о влажности контролируемого вещества. Но

диелектрическая проницаемость зависит не только от влажности, но и от физико-химических свойств вещества. Этот недостаток достаточно легко можно исключить путём предварительной калибровки датчика по сухому (обезвоженному) веществу.

Выводы. Таким образом, разработанный датчик сигнализации предельных значений уровня бетонной смеси обладает улучшенными показателями, такими как чувствительность, точность, механическая прочность по сравнению с другими датчиками, используемыми в аналогичных технологических процессах. Кроме того, при соответствующей доработке он может быть использован как измеритель влажности, что даёт ему дополнительные преимущества в технологических процессах изготовления бетонных изделий.

Список литературы: 1. Датчики уровня сыпучих материалов. Сайт: РусАвтоматизация http://rusautomation.ru/sypuchie_materialy (дата доступа 27.03.14). 2. *Дмитренко, Л. П.* Приборы контроля и регулирования уровня сыпучих материалов / *Л. П. Дмитренко* // М., Энергия. – 1978. – 96с. 3. *Смирнов, В. В.* Система автоматического контроля уровня заполнения цементного бункера бетоносмесительного узла / *В.В.Смирнов*// *Фундаментальные исследования.*- 2013. – №6. – с. 1094-1097. 4. *Брандт, А. А.* Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах / *А.А. Брандт* // М., Физматгиз. – 1963. – 144с. 5. *Ершов, А. М.* Радиоволновый резонаторный метод измерения физических свойств жидкостей с диэлектрическими потерями / *А.М. Ершов, А.А. Маслов, А.С. Совлуков, В.Я. Фатеев, В.В. Яценко.*// *Вестник МГТУ.* – 2008. – т. 11. – №3. – с. 498-501.

Поступила в редколлегию 15.05.2014

УДК 621.73

В. О. ЄВСТРАТОВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;
В. М. ЛЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»;
Я. В. КУТЕЦЬКИЙ, інженер, НТУ «ХПІ».

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ ПРОЦЕСІВ ВИТЯГУВАННЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАГОТОВАНОК

У статті наведені результати експериментального дослідження процесу витягування вісесиметричних деталей з пласкої заготовки. Описані оригінальні способи виявлення особливостей деформації заготовок трьох різних розмірів: «великої», «середньої» та «малої». Експериментальні дослідження підтвердили, що три схеми деформації, зазначені авторами в раніше опублікованих роботах, дійсно мають місце. Отримані експериментальні дані дозволяють обґрунтувати більш досконалу математичну модель процесу витягування і підійти до створення підсистеми САПР розроблення процесів витягування і конструювання робочого інструмента.

Ключові слова: витягування, пуансон, матриця, деформація, коефіцієнт витягування.

Вступ. Не дивлячись на те, що процес витягування досліджено достатньо детально, залишається ще багато питань, які або не висвітлені в науково-