

и СВЧ-диапазонов / Сост. М.Г. Шандала, Ю.Д. Думанский, Д.С. Иванов и др. М., Минздрав СССР, 1988. 44 с.

Лучин Дмитрий Вячеславович, к.т.н., зам. ген. директора по науке, ООО «КВАДРО КОД», dmyl@4code.ru.

Филиппов Дмитрий Викторович, к.т.н., начальник научно-технического центра программно-аппаратных комплексов, ООО «КВАДРО КОД», fdv@4code.ru.

УДК: 620.179.162

КОМПЛЕКСИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТЕЙ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ

С.А. Борминский

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: комплексный контроль, уровень жидкости, вязкость, плотность.

В современной науке и технике процесс получения достоверной информации об объекте исследований является фундаментальной основой для построения адекватных математических моделей, контроля технологических процессов и принятия ответственных управленческих решений. Традиционно сложившийся подход к измерениям зачастую характеризуется фрагментарностью: регистрация одного или нескольких параметров производится изолированно, в различные моменты времени и, нередко, с использованием разнородных по своим метрологическим характеристикам средств измерений. Такой подход, будучи приемлемым для решения узких прикладных задач, демонстрирует свою ограниченность при исследовании сложных динамических систем, где параметры находятся в тесной функциональной или корреляционной зависимости. Одним из вариантов комплексированных измерений является контроль уровня, плотности и вязкости жидких сред, в том числе в процессе хранения с расслоением на фракции.

При расположении акустического датчика непосредственно в жидкости на дне резервуара появляется возможность контролировать жидкость послойно. В случае волноводного распространения с установленными реперными отражателями (рис. 1) для n -ного слоя многослойной жидкости получены выражения для плотности и вязкости:

$$\rho_n = \frac{1}{c_n(2p^* - 2)} (Z_{m2} + Z_{m2}p^* - Z_{m1} - Z_{m1}p^* + \\ + \sqrt{Z_{m1}^2 p^{*2} + 2Z_{m1}p^* + Z_{m1}^2 + 2Z_{m1}Z_{m2}p^{*2} - 12Z_{m1}Z_{m2}p^* + 2Z_{m1}Z_{m2} + Z_{m2}^2 p^{*2} + 2Z_{m2}^2 p^* + Z_{m2}^2}) ,$$

где $P^* = \frac{P_n P_{n-2}}{P_{n-1}^2}$ - безразмерная величина для упрощения записи

уравнения.

Z_{m1}, Z_{m2} – акустические сопротивления первого и второго материала реперов.

$$\eta = \frac{3\rho_n c_n^3}{4\omega^2 l_n} \ln \frac{p_{n-1} B^2 U_n}{P_n},$$

где ω – частота зондирующего импульса;

L_n – расстояние между реперами;

B – пропускающая способность реперов, зависящая от геометрических размеров;

U_n – коэффициент отражения материала репера;

p_n, p_{n-1} – акустические давления (фактически напряжение датчика) отражения в диапазоне между текущим и предыдущим репером;

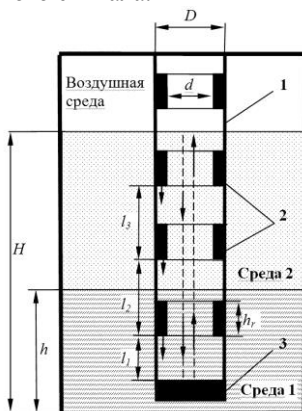
Уровень жидкости каждой среды определяется по выражению:

$$L = L(O_{n-1}) + \frac{c}{2} (t'(L) - t(O_{n-1})) + \frac{1}{\omega} \arctg \frac{p \sin(\frac{\omega}{c} (L - L(O_n)))}{1 + p \cos(\frac{\omega}{c} (L - L(O_n)))},$$

где $t'(L)$ – время суммарного отражения от границы и отражателя;

p – коэффициент, являющийся отношением амплитуды отражения от реперного отражателя к амплитуде отражения от границы сред;

ω – частота излучаемого сигнала.



1 – волновод с внутренним диаметром D ; 2 – реперные отражатели в виде труб с диаметром d ;

3 – акустический преобразователь

Рисунок 1 – устройство с нижним расположением акустического преобразователя

Для обеспечения высокой чувствительности предложенного способа для контроля плотности необходимо, чтобы Z_{m1} максимально отличался от Z_{m2} , при этом Z_{m1} должен иметь сопротивление, максимально близкое к акустическому сопротивлению жидкости. Алгоритм измерений при нижнем расположении акустического преобразователя, в целом, похож ранее описанный алгоритм с реперными отражателями за исключением того, что появляются дополнительные отражения от промежуточных границ сред. Интервалы, между которыми расположены границы сред, в определении скорости звука, плотности и вязкости не участвуют.

Данный метод позволяет одним датчиком получать несколько параметров жидкости для каждой её фракции при расслоении.

Список использованных источников

- 1.Борминский, С.А. Многофункциональные устройства акустического контроля геометрических параметров труб и уровня жидкости / С.А. Борминский // Издательство Самарского научного центра РАН. – 2022. – 92 с.
- 2.Borminskiy, S.A. Metrological Analysis of the System for Complex Control of the Level, Density and Viscosity of Multi-Layer Liquids in Tanks / S.A. Borminskiy, A.V. Parshina // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon. – 2020.
- 3.Borminskiy, S.A. Methods of acoustic control of reservoir liquid level for portable measuring devices / S.A. Borminskiy // E3S Web of Conferences 371, 03027 (2023) doi.org/10.1051/e3sconf/202337103027

УДК 621.317.08

ПРИНЦИП ДВУХКАНАЛЬНОСТИ КАК ОСНОВА НОВЫХ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ИНВАРИАНТНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В.Н. Нестеров

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королева», г. Самара

История возникновения, развития и трансформация принципа двухканальности в теории систем насчитывает более восьми десятков лет. В автоматике первая публикация в этой области связана с именем профессора Г.В. Щипанова [1]. В данной работе Г.В. Щипанов впервые в мире поставил задачу синтеза регулятора исходя из «условия компенсации» внешних возмущений. Следует отметить разгоревшуюся в то время в научной среде ожесточенную дискуссию, в которой, с одной стороны, отстаивался этот новый подход в теории систем автоматического регулирования, с другой, – неприятие и утверждение невозможности реализации условий инвариантности в регуляторах. Несмотря на негативные отзывы сформированной постановлением Президиума АН СССР комиссии по оценке работы Г.В.