

Исследование путей расширения диапазона вязкости вибрационного плотномера

О.В. Зацерклянный

ООО «Пьезоэлектрик», Ростов-на-Дону, Россия

В вибрационных плотномерах плотность жидкости или газа определяется по резонансной частоте некоторого тела (вибратора), взаимодействующего с измеряемой средой. В погружных преобразователях механический резонатор помещают в контролируемую жидкость, действие которой подобно действию некоторой "присоединенной массы", связанной с резонатором и увлекаемой им в колебательное движение. Величина присоединенной массы зависит от плотности вещества, следовательно, девиация частоты резонансных колебаний является параметром, по которому определяется плотность.

На основе этого принципа разработан вибрационный Плотномер 804 [1]. Сравнение с лучшими зарубежными и отечественными аналогами, приведенное в таблице 1, показывает, что Плотномер 804 не уступает по диапазону и точности измерения лучшим отечественным и зарубежным образцам, а также полностью адаптирован к условиям крайнего севера. Единственный параметр, по которому существует отставание от Solartron 7828, является значение верхней границы вязкости измеряемой жидкости. Расширение диапазона вязкости измеряемых сред является условием дальнейшего продвижения плотномера в стратегических отраслях промышленности России.

Целью данной работы является изучение возможности работы вибрационного преобразователя плотности в средах с вязкостью до 10000 спз.

Таблица 1.

Параметр	Solartron 7828 Великобритания	Плот-3 Россия	804 Россия
Диапазон измерений, кг/м ³	0÷3000	0÷120 420÷1600	0÷160 620÷1630
Погрешность, кг/м ³	1,0	0,3	0,5
Температура среды, С	-50÷200	-40÷85	-70÷80
Вязкость жидкости, спз	до 20000	до 200	до 100
Давление среды, МПа	20	6,3	16
Потребляемая мощность, ВА	1,68	0,54	0,48

Исследование 10 серийных образцов Плотномеров 804 показало, что при измерениях плотности жидкости с вязкостью 200 спз только 8 из 10 плотномеров подтвердили погрешность 0,5 кг/м³, при увеличении вязкости до 1000 спз заявленной погрешности соответствовали только 20% образцов. Погрешность на остальных образцах достигала 10 кг/м³.

Погружение механического резонатора в вязкую жидкость приводит к снижению добротности, которое может достигать двух порядков. На рисунке 1 представлены фазо-частотные характеристики «сухого», т. е. без учета свойств жидкости камертонного преобразователя с различной добротностью.

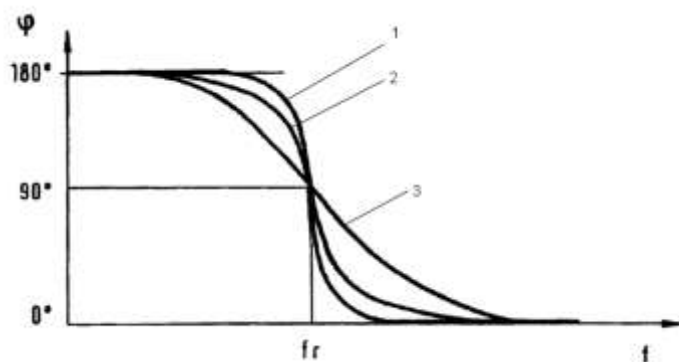


Рис. 1. 1- $Q=1000$; 2- $Q=500$; 3- $Q=100$.

Видно, что для адекватного преобразования частоты колебаний камертона в значение измеряемой плотности необходимо обеспечить возбуждение при постоянном сдвиге фаз φ равном 90° . В этом случае частота однозначно зависит только от присоединенной массы и не зависит от добротности колебательной системы.

С целью подтверждения этого факта, а также определения требований к электронной схеме возбуждения камертона была проведена серия испытаний первичных вибрационных преобразователей камертонного типа (камертонов). Испытания проводились на двух группах ньютоновских жидкостей. К первой группе относились жидкости с разной плотностью и малой вязкостью (не более 1,2 спз), жидкости второй группы были близки по плотности и отличались вязкостью (см. таблицу 2).

Таблица 2. Значения плотности и вязкости жидкостей при температуре 20°C

Наименование	Плотность, кг/м^3	Вязкость, спз
Вода	998,2	1,00
Бензин	686	0,54
Спирт	820	1,19
Хлористый метилен	1326	0,46
Перхлорэтилен	1625	0,68
ПМС-5	921	5
ПМС-20	945	20
ПМС-100	961	100
ПМС-1000	966	1000
ПМС-10000	971	10000

Экспериментальные фазочастотные характеристики камертона в различных средах представлены на рисунке 2.

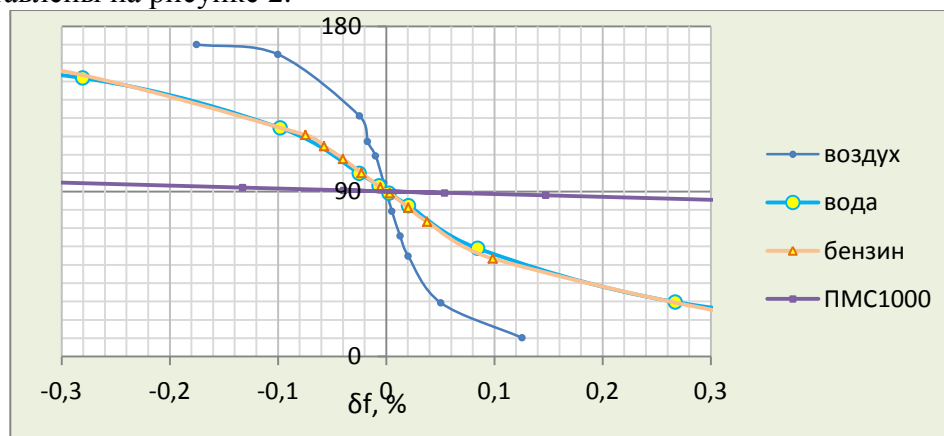


Рис. 2. Экспериментальные фазочастотные характеристики камертона.

Согласно [2], частота колебаний камертона связана с плотностью жидкости следующим соотношением:

$$f/f_0 = (1 + K \rho_f / \rho_m)^{-1/2} \quad (1)$$

f – частота камертона в среде; f_0 – частота камертона в вакууме;

ρ_f – плотность среды, кг/м³; ρ_m – плотность материала камертона, кг/м³;

K - безразмерный коэффициент, связанный с геометрией и упругими модулями материала камертона. Константа K определяется по экспериментальным данным. Из (1) следует:

$$K = (f_0^2/f^2 - 1) * \rho_m / \rho_f \quad (2)$$

Если частота резонанса при φ равном 90° не зависит от вязкости, то коэффициент K останется постоянным для сред с различными вязкостями. В таблице 3. приведены значения резонансных частот и констант для одного из испытанных камертонов.

Таблица 3. Резонансные частоты и константы K для одного из камертонов

Наименование	Частота, Гц	K	Вязкость, спз
Воздух	1330,34	3,6915	0,0017
Бензин	1155,862	3,6852	0,54
Вода	1326	3,6916	1,00
ПМС-1000	1067,0	4,453	1000

Видно, что для трех сред с малой вязкостью значения коэффициента K близки друг к другу. Однако для вязкой среды ПМС-1000 коэффициент K отличается на 21%. Полученные результаты не позволяют рассматривать погружение в жидкость вибрационного преобразователя, как только увеличение массы, а вязкость как простое уменьшение добротности системы. Как способ учета влияния вязкости на систему, может быть предложена калибровка плотномера ($K = f(\eta)$) по вязкости. Следовательно, одним из путей расширения диапазона вязкости вибрационного плотномера является введение поправочных коэффициентов по вязкости среды.

Литература

1. www.piezoelectric.ru/Densimeter804.html
2. Лопатин С.С., Пфайффер Х. Датчики предельного уровня для жидкостей. Физические принципы работы и возможности вибрационных датчиков// Технические средства автоматизации. 2004, № 12., с 24-29.
3. Пьезоэлектрическое приборостроение: сборник в 3 томах. Т. 3. Богуш М.В. Пьезоэлектрические датчики для экстремальных условий эксплуатации. Ростов-на-Дону. Издательство СКНЦ ВШ, 2006. 346 с: ил.
4. Физические величины: Справочник/ А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.; Энергоатомиздат, 1991. -1232 с.