

УДК 62-03, 613.644

Измерение контактного ультразвука гидрофоном на основе ПВДФ плёнки

Петракова Ангелина Антоновна

*Студентка 3 курса,
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: К.М. Моисеев,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в
машиностроении»*

Контактный – ультразвук, который действует на человека при соприкосновении рук или других частей тела человека с источником ультразвука, обрабатываемыми деталями, приспособлениями для их удержания, жидкостями, в которых распространяются ультразвуковые колебания и пр. Источники ультразвука – это все виды ультразвукового технологического оборудования, ультразвуковые приборы и аппаратура промышленного, медицинского, бытового назначения, генерирующие ультразвуковые колебания в диапазоне частот от 11,2 кГц до 100 МГц и выше. Гидрофон – это специализированный микрофон для работы в воде (или других жидкостях), предназначенный для приёма и измерения акустических сигналов, в том числе ультразвуковых. Гидрофон преобразует колебания акустического давления в жидкости в электрический сигнал, который можно зарегистрировать осциллографом или анализатором. Наиболее распространены пьезоэлектрические типы, к которым и относится ПВДФ (поливинилденфторид) плёнка.

Согласно СанПиН-2.2.4.3359-16, ультразвук на рабочем месте должен распространяться в допустимых пределах. Исходя из этого, поставлена задача разработать гидрофон на основе ПВДФ плёнки, позволяющий измерять ультразвук со следующими частотами и показателями:

- Диапазон измеряемых давлений от 100 Па до 1 кПа.
- Чувствительность преобразователя не менее 1 мкВ/Па.
- Диапазоны частот измерения: 11,2 кГц- 80 кГц; 80 кГц – 630 кГц; 630 кГц – 5 МГц.

Целью работы является поиск решений для создания гидрофона на основе ПВДФ плёнки для измерения контактного ультразвука.

Наиболее пригодным материалом чувствительного элемента гидрофона с каждым годом всё чаще становится ПВДФ плёнка, акустический импеданс которой всего в 2–6 раз выше, чем у воды. У пьезокерамики этот показатель выше в 11 раз, и, следовательно, колебания в контактной среде (воде) более восприимчивы. Также ПВДФ полимер обладает широкой полосой пропускания, что особенно выгодно для выбранных характеристик.

На рынке представлены модели гидрофонов, сильно выходящие за пределы поставленной задачи, кроме игольчатого гидрофона 4.0 mm Needle Hydrophone (Тип NH4000) от Precision Acoustics (Великобритания), изображённый на рис. 1.

Активный элемент: 4.0 мм (диаметр).

Диапазон калибровки: от 10 кГц до 8 МГц.

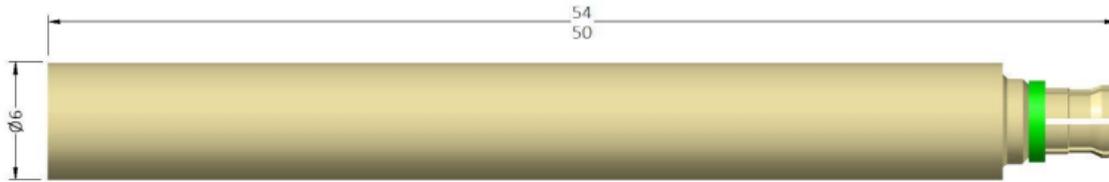


Рис. 1

На 11,2 кГц большая площадь активного элемента дает достаточный уровень сигнала. На 5 МГц длина ультразвуковой волны в воде $\lambda \approx 0,3$ мм. Из данных видно, что диаметр гидрофона ($4 \ll 0,3$) значительно больше длины волны. Это вызывает некорректность измерений из-за эффекта пространственного усреднения на высоких частотах. Если луч сфокусирован в пятно меньшим диаметром, гидрофон диаметром 4 мм "захватит" не только пик, но и периферию луча, сильно занизив измеренное значение давления. Без поправок измеренное значение ультразвуковой интенсивности может быть занижено на 20–50% и более, в зависимости от геометрии луча. Это является главной проблемой в поставленной задаче.

Процесс коррекции полученных усредненных значений гидрофона основан на математической компенсации эффекта усреднения давления по площади датчика. Но если требуется более точные измерения необходимости сложных математических реконструкций поля, то рекомендуется всё-таки использовать систему из двух гидрофонов – низкочастотного и высокочастотного. Примером рыночного решения для второго случая будут являться Precision Acoustics NH0500 (0,5 мм, игольчатый) или Onda HGL-0200 (США) (капюльного типа).

Измерение нормируемых параметров контактного ультразвука в диапазоне 11,2 кГц – 5 МГц является сложной метрологической задачей, требующей компромисса между чувствительностью и пространственным разрешением. Исходя из проведенного анализа, можно сделать вывод, что существует два решения. Первое – спроектировать гидрофон подобный NH4000 от Precision Acoustics и разработать для него пакет математической корректировки данных. Второе – разработать систему из двух гидрофонов для низких и высоких частот.

Литература

1. Гидрофоны // ГОСТ Р МЭК 62127-3 – 2010.
2. СанПиН-2.2.4.3359-16
3. Смирнов В.В., Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Волчкова О.В. Измерения контактного ультразвука на рабочих местах // Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology – 2019
4. Параметры ультразвуковых полей // ГОСТ ИЕС 62127-1 – 2015