

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра компьютерной физики и метаматериалов на базе Саратовского филиала  
Института радиотехники им. В.А. Котельникова РАН

**Измерение коэффициента преобразования и диаграммы направленности пьезо-  
керамических излучателей для расходомеров газа**

АВТОРЕФЕРАТ

ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 432 группы  
направления физика 03.03.02 “Физика”  
физического факультета

Скопинцева Андрея Владиславовича

Научный руководитель

профессор, д.ф.-м.н., профессор  
ров

В.В. Пет-

Зав. кафедрой,

д.ф.-м.н., профессор  
Аникин

В.М.

Саратов 2019

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Ультразвуковые излучатели широко используются при измерении уровня, идентификации или концентрации жидкости, расхода, определения расстояния (уровнемеры, дефектоскопы, ультразвуковые расходомеры, датчики парковки, ультразвуковые технологии).

**Цель работы.** Целью настоящей работы является измерение и анализ диаграммы направленности пьезоэлектрических преобразователей (ПП) акустических волн в газовой среде, описание экспериментальных результатов.

**Практическая значимость.** Измерение расхода и массы веществ (жидких, газообразных, сыпучих, твердых, паров и т. п.) в химических производствах широко используется как в товароучетных и отчетных операциях, так и при контроле, управлении и регулировании технологическими процессами.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении описывается актуальность ультразвуковых методов в задачах дефектоскопии, ультразвуковых технологиях в различных промышленных областях.

В главе 1 кратко описываются физические принципы действия ультразвуковых расходомеров.

В главах 2 – 4 определяются характеристики ультразвуковых характеристик ультразвуковых расходомеров (коэффициента электроакустического преобразования, амплитудно-частотной характеристики, диаграммы направленности), описываются методы их экспериментального измерения. В главе 5 приводятся результаты экспериментальных работ, выполненных в процессе выполнения выпускной квалификационной работы.

Остановимся подробнее на результатах экспериментальных исследований.

## Измерение коэффициента передачи

Коэффициент передачи пьезопреобразователя определяется отношением амплитуд сигналов на выходе и на входе преобразователя.

$$K = V_{in} / V_{out}$$

На рисунке 1 показана схема установки для измерения коэффициента передачи.

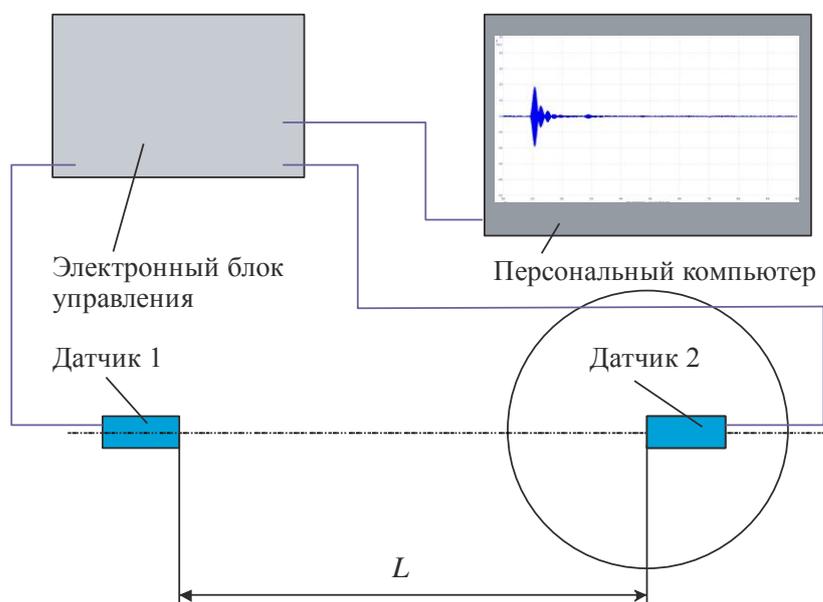


Рисунок 1 - Установка для измерения коэффициента передачи

На рисунке 2 приведена фотография установки, схема которой показана на рисунке 1.

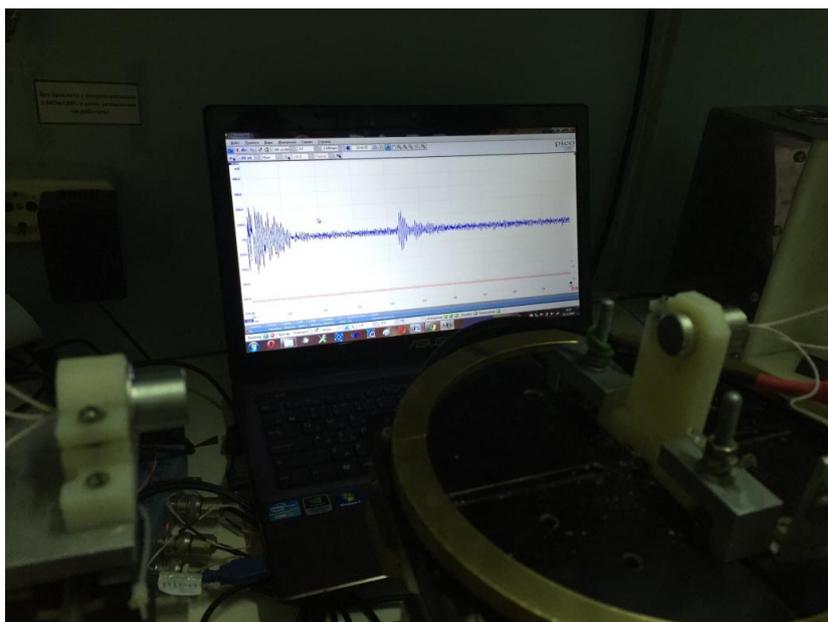


Рисунок 2 – Установка для измерения характеристик УЗ датчиков

Нами проводились испытания датчиков компании FMC на соответствие заявляемым характеристикам по коэффициенту передачи. Измеренные значения соответствуют:

$$K = 0.25 \text{ мВ} / 1\text{В} \text{ при расстоянии между датчиками в } L = 30 \text{ см.}$$

При оценке коэффициента передачи был использован метод сравнения. В качестве базовых использовались два датчика компании FMCTechnologies, настроенные на центральную частоту 160 кГц. Макеты УЗ испытуемых датчиков также настроены на центральную частоту 160 кГц. Для оценки коэффициента передачи сравнивались уровни сигналов для базовых и для испытуемых датчиков при прочих равных условиях. Эксперименты проводились в импульсном режиме. На вход излучающего датчика подавался сигнал, представляющий собой последовательность из двух импульсов, интервал между которыми равен периоду собственных колебаний датчика.

### Измерение диаграммы направленности

Диаграмма направленности испытуемых макетов УЗ датчиков измерялась с помощью установки, схема которой представлена на рисунке 3.

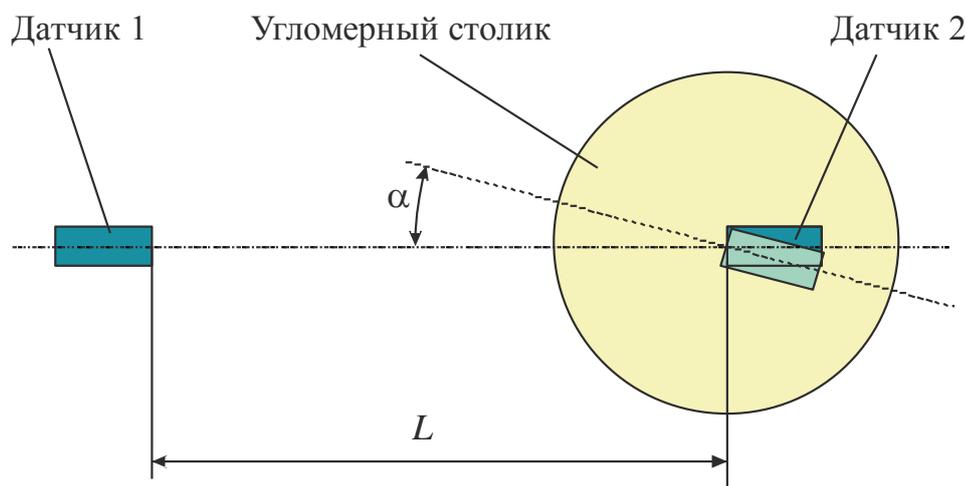


Рисунок 3 – Установка для измерения диаграммы направленности УЗ датчика

Датчики закреплялись на столиках на расстоянии  $L$  между излучающей и принимающей поверхностями пары датчиков.

При установке датчики располагались соосно, рабочими поверхностями навстречу друг другу. Один из датчиков подключался к генератору, а другой – к приемнику. С выхода приемника сигнал подавался на вход цифрового осциллографа, который использовался в качестве импульсного вольтметра.

В эксперименте снимались зависимости уровня сигнала от углового положения исследуемых датчиков. Экспериментально исследовали три типа датчиков: немецкой компании FMC (зеленая кривая на рис.4), Ростовских производителей компании «ТурбоДон» (синяя кривая на рис.4) и разработанный в ООО «СпектрАкустика» (красная кривая на рисунке 4)

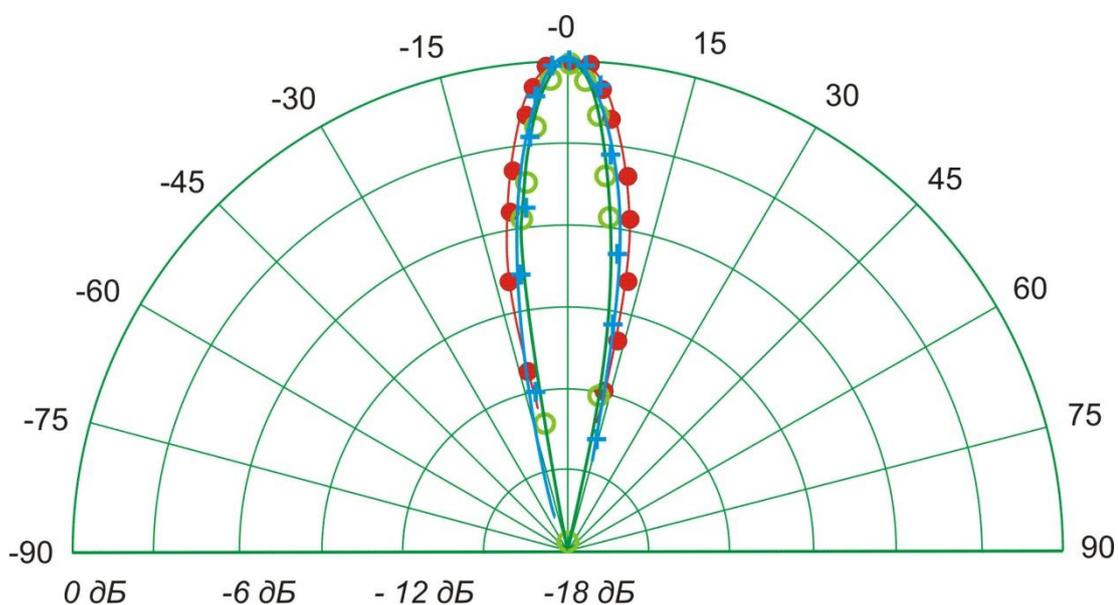


Рисунок 4. Сопоставление диаграмм направленности разработанного макетного образца (красная кривая), датчика Турбо-Дон (синяя кривая) и датчика FMC (зеленая кривая)

Измеренная ширина диаграмм направленности составляет следующие значения. Для разработанного в ООО «СпектрАкустика» датчика: по уровню 3дБ около 13 градусов, по уровню 6 дБ – около 22 градусов. Для датчика Турбо-Дон: по уровню 3дБ около 11 градусов, по уровню 6 дБ – около 20 градусов. Для датчика FMC: по уровню 3 дБ около 10 градусов, по уровню 6 дБ – около 18 градусов.

Отличие угловых апертур объясняется различием линейных апертур излучающих поверхностей датчиков.

## Выводы

В настоящей выпускной квалификационной работе выполнен обзор принципов и устройств измерения характеристик ультразвуковых измерителей расхода газа, а также проведены эксперименты по измерению коэффициента передачи и диаграмм направленности УЗ датчиков нескольких типов.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть использованы при конструировании измерителей расхода газа, основанных на ультразвуковом принципе.

## Список используемых источников

1. <https://studfiles.net/preview/1718460/page:2/>
2. <https://proiz-teh.ru/ultrazvukovaja-tehnologija.html>
3. <http://www.radartutorial.eu/01.basics/rb61.ru.html>
4. Розенберг Л.Д. Звуковые фокусирующие системы// М.: Наука, 1949. С. 167
5. Диссертации по физике, математике и химии Розенберг Л.Д. Фокусирующие излучатели ультразвука// В кн. Физика и техника мощного ультразвука. М.: Наука, 1967. С. 149206.
6. Диссертации по физике, математике и химии Ермолов И.Н. и др. Ультразвуковые преобразователи для неразрушающего контроля// М.: Машиностроение, 1986. С.279
7. Богущ М.В. Пьезоэлектрическое приборостроение. Т. III. Пьезоэлектрические датчики для экстремальных условий эксплуатации. Изд-во СКНЦ ВШ, Ростов-на-Дону, 2006. 335 с
8. Кремлёвский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Л.: Машиностроение, 1989. 701 с.
9. ANSYS. Theory Ref. Rel. 8.0 / Ed. P. Kothnke/ANSYS Inc., Houston, 2003.
10. Зацепин А.Ф. Введение в физику акустического контроля: конспект лекций / А.Ф. Зацепин. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2005. – 79 с.

11. [https://studopedia.ru/7\\_64106\\_metodika-izmereniya-koe..](https://studopedia.ru/7_64106_metodika-izmereniya-koe..)
12. <http://cat.convdocs.org/docs/index-184102.html?page=7>
13. Х. Мейнке и Ф. Гундлах. Радиотехнический справочник. М. Госэнергоиздат, 1960.
14. Алешин Н.П. Ультразвуковая дефектоскопия: справ. пособие / Н.П. Алешин, В.Г. Лупачев. – Минск: Высш. шк., 1987. – 271 с.
15. Ермолов И.Н. Неразрушающий контроль: практ. пособие. В 5 кн. Кн. 2. Акустические методы контроля / И.Н. Ермолов, Н.П. Алешин, А.И. Потапов; под ред. В.В. Сухорукова. – М.: Высш. шк., 1991. – 283 с.
16. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля / И.Н. Ермолов. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.
17. Крауткремер Й. Ультразвуковой контроль материалов: справочник / Й. Крауткремер, Г. Крауткремер. – М.: Металлургия, 1991. – 751 с.
18. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в машиностроении / Е.Ф. Кретов. – СПб: Радиоавионика, 1995. – 328 с. 15. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник. В 2 т. Т. 2 / Под ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1986.– 352 с.
19. Ермолов И.Н. Контроль ультразвуком: краткий справочник / И.Н. Ермолов. – М.: НПО ЦНИИТМАШ, 1992. – 86 с