

М. Р. Гордиенко¹✉, И. К. Кабардин¹, П. Д. Лобанов¹, И. А. Евдокименко¹

Исследование всплытия газового пузыря оптическими и электроимпедансным методами

¹ Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: fregat120@yandex.ru

Аннотация. В двухфазных потоках важной задачей является оценка газовой составляющей среды [1,2]. Поэтому нужно динамически оценивать размер пузырей. В данной работе для оценки размера пузыря применяется электроимпедансная плата с 24 измерителями, расположенная по диаметру трубы. Данные с платы собирались с помощью АЦП и программно выдавались в виде файла. С помощью этой платы были проведены измерения одиночного конгломерата пузырей. Все пузыри, попавшие на плату, отображаются в виде заметных пиков сигнала. Пики сигнала при прохождении пузыря через измерители позволяют оценить их размер.

Ключевые слова: пузырь, электроимпеданс, сигнал

M. R. Gordienko¹✉, I. K. Kabardin¹, P. D. Lobanov¹, I. A. Evdokimenko¹

Study of gas bubble ascent using optical and electrical impedance methods

¹ Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: fregat120@yandex.ru

Abstract. In two-phase flows, an important task is to evaluate the gas component of the medium [1,2]. Therefore, it is necessary to dynamically estimate the size of the bubbles. In this work, an electrical impedance board with 24 meters located along the diameter of the pipe is used to estimate the size of the bubble. Data from the board was collected using an ADC and programmatically output as a file. A single bubble conglomerate was measured using this board. All bubbles that hit the board are displayed as noticeable signal peaks. The peaks of the signal as the bubble passes through the meters allow us to estimate their size.

Keywords: bubble, electrical impedance, signal

Введение

Для решения задач по измерению газосодержания всплывающих пузырей была создана специальная плата с измерителями электроимпеданса. Она позволяет определять прохождение пузыря через измерители этой платы, определяя его размеры по времени прохождения.

Методы и материалы

Экспериментальные измерения проводятся в водном столбе со стоячей водой. Рабочий участок трубы представляет из себя цилиндрический участок длиной в 1000 мм и диаметром 100 мм. Плата с 24 измерителями располагалась по диаметру трубы сверху. Измерители отстояли друг от друга на расстояние 4 мм

Пузыри создавались при помощи впрыскивания шприцом в поток вертикально снизу. Игла шприца располагалась за метр до платы, чтобы не влиять на поток, набегающий на плату.

Скорость подъема пузырей в столбе составляла примерно 0,5 м/с. Для одиночного пузыря размером 1 мм, пролетающего через измеритель со скоростью 1 м/с, необходимо, чтобы промежуток времени между измерениями был не более $1 \text{ мм} / 1000 \text{ мм/с} = 1 \text{ мс}$. Данные с платы снимались с помощью АЦП LCARD E20-10, для которого была написана программа, обрабатывающая поток данных со скоростью 10 МГц. Затем программа выдавала значения для каждого измерителя из платы в зависимости от номера измерения. Временной промежуток между измерениями составлял 56 мкс, что достаточно для данного потока.

Результаты

При запуске одиночного впрыскивания воздуха из шприца был создан конгломерат пузырей (рис. 1) размеров от 1 мм до 10 мм. Часть из них накалывалось на измерительную плату.



Рис. 1. Пузыри в цилиндрической трубе

После этого при помощи программы были построены зависимости значения сигнала для каждого датчика платы от номера измерения во время пролета пузырей (рис. 2).

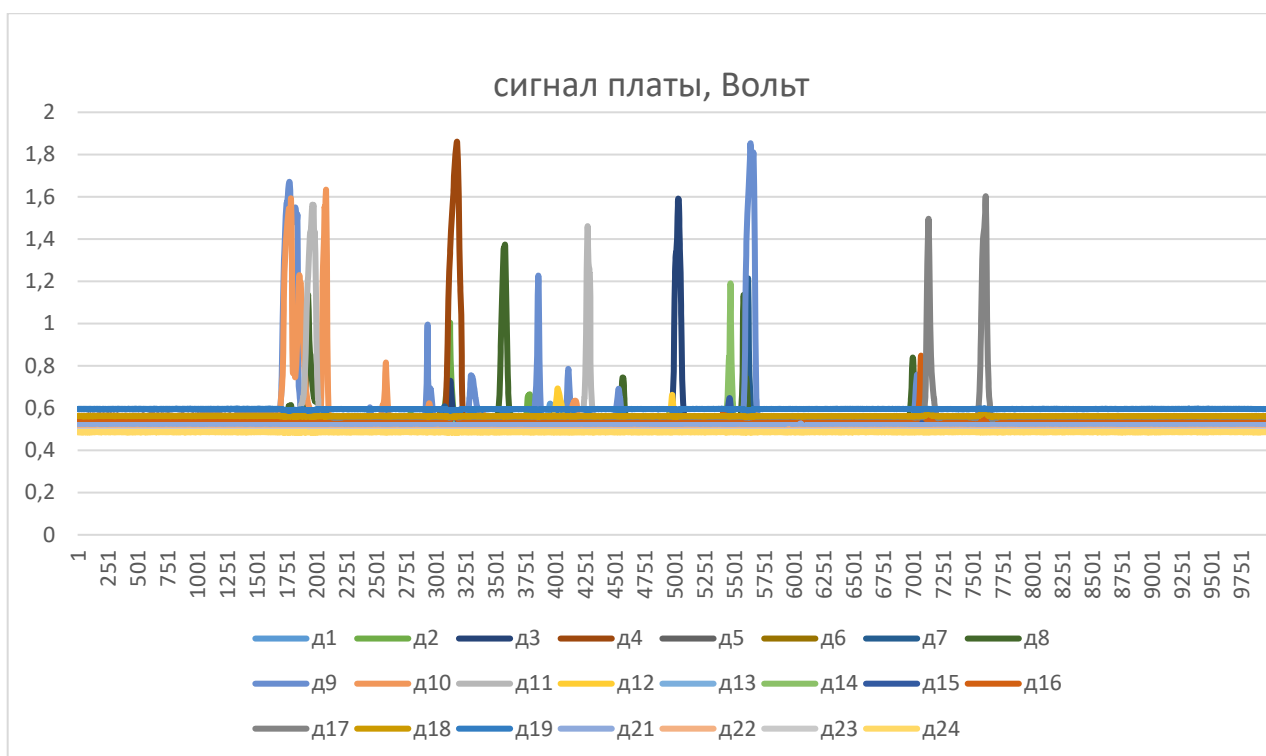


Рис. 2. Сигнал платы в зависимости от номера измерения для каждого из 24 датчиков

Все данные сосредоточены в промежутке измерений с 1500 по 8000 или в течение 364 мс. Для более подробного рассмотрения возьмем участок с 1500 по 2200 отсчет, снятый на протяжении 40 мс (рис. 3).

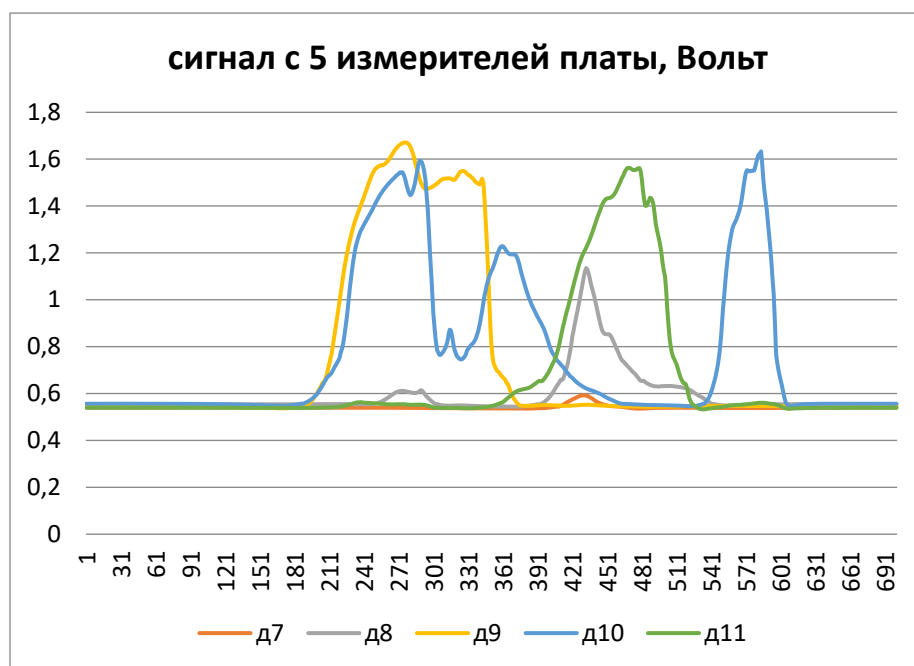


Рис. 3. Сигнал платы для 5 подряд идущих измерителей. Взяты отсчеты с 21500 по 22200 из рис. 2

Из данных рис. 3 можно увидеть 4 пузыря. Первый, крупный, накололся на датчики 9 и 10, а также задел 8-й. Второй прошел через 11-й датчик, третий прошел через 10-й датчик позже, чем первый. Четвертый пузырь прошел через 8-й датчик.

Обсуждение

Максимальное время прохождения пузыря составляет 16,8 мс, что соответствует 300 измерениям. При скорости 0,5 м/с это соответствует размеру пузыря в 8,5 мм. Измерители располагаются на расстоянии 4 мм друг от друга. Пролетевший большой пузырь как раз задел 3 измерителя.

В связи с этим можно утверждать, что плата позволяет оценивать размер пузырей с погрешностью менее трети размера пролетевшего пузыря.

Заключение

Была опробована плата с измерителями электроимпеданса на измерении размера пролетевших пузырей, выпущенных из шприца. Измерители платы улавливают пики сигнала при накалывании пузырей на плату и позволяют оценить размер пролетевшего пузырька, что позволяет использовать данный метод для диагностики двухфазного потока.

Благодарности

Работа выполнена в рамках госзадания ИТ СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меледин В. Г. Информатика оптоэлектронных измерений: наука и инновационные промышленные технологии / Новосибирск: Изд-во ИТ СО РАН, 2008. – 75 с.
2. Косарев В. И., Мухин Л. Н., Штернов А. А. Способ определения расхода компонентов двухфазного потока и система для его осуществления. Патент №2339915.

© М. Р. Гордиенко, И. К. Кабардин, П. Д. Лобанов, И. А. Евдокименко, 2025