

тами ВВА 9106 производства Schwarzbeck, Германия; в диапазоне частот 200 МГц–1 ГГц пара логопериодических антенн VULP 9118A, так же производства Schwarzbeck, Германия; в диапазоне частот 1 ГГц–18 ГГц рупорная антенна ETS 3115 производства ETS-Lindgren, США.

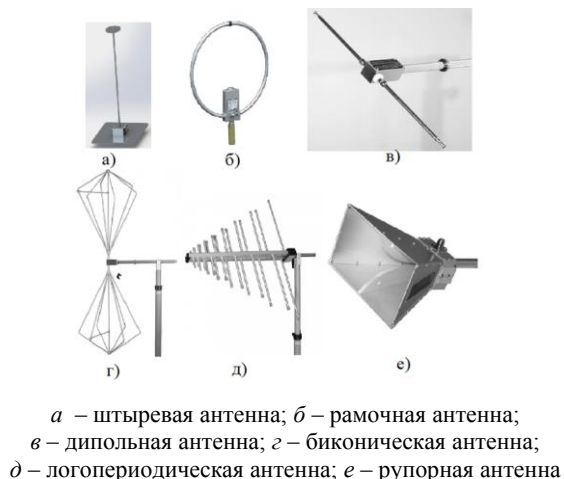


Рисунок 1 – Основные виды антенн

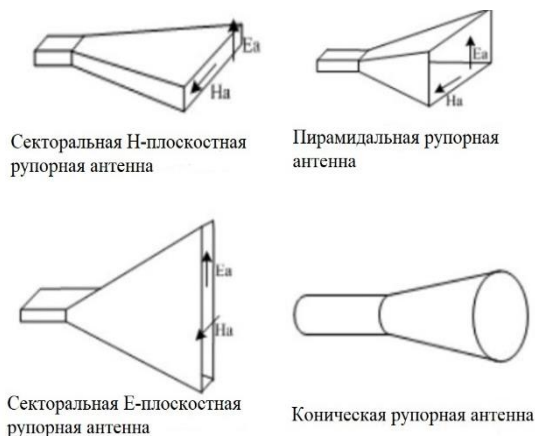


Рисунок 2 – Виды рупорных антенн

### Литература

1. Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1–4. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Антенны и испытательные площадки для измерения : ГОСТ CISPR 16-1-4-2013.

УДК 621.039

## ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬТИКОМПОНЕНТНЫХ ПОТОКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ Коновалов И.А., Чесноков А.А., Дмитриев С.М., Хробостов А.Е., Баринов А.А., Зырянова Т.К.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
Ниžний Новгород, Российская Федерация*

**Аннотация.** Работа посвящена изучению движения одиночного газового пузыря в жидкости с применением метода матричной кондуктометрии. Изложена методика обработки первичных экспериментальных данных, а также произведена оценка величины плотности межфазной поверхности, имеющей важное значение при численном моделировании многокомпонентных потоков. Результаты, полученные при помощи кондуктометрической измерительной системой хорошо согласуются со значениями альтернативных методов измерений.

**Ключевые слова:** кондуктометрия, пузырьковое течение, многокомпонентный поток.

## INVESTIGATION OF MULTICOMPONENT FLOWS WITH APPLICATION OF CONDUCTOMETRY MEASUREMENT SYSTEM Konovalov I., Chesnikov A., Dmitriev S., Khrobostov A., Barinov A., Zyryanova T.

*Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev  
Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** This report is about studying of motion of lonely gas bubble in liquid with application of matrix conductometry method. Methodology of processing the primary experimental data and estimation of interfacial area density, which is important in numerical simulation of multicomponent flows are shown. Results of a conductometry method is in good agreement with results of an alternative methods of measurements.

**Key words:** conductometry, bubble flow, multicomponent flow.

*Адрес для переписки: Коновалов И.А., ул. Минина, 24, г. Ниžний Новгород, 603950, Российская Федерация  
e-mail: iliakonowaloff@yandex.ru*

Обеспечение надежности, безопасности и эффективности новых энергетических установок является важной задачей, стоящей перед совре-

менным атомным машиностроением, что, в свою очередь, требует проведения предварительного расчетного обоснования.

В судовых установках и некоторых российских проектах атомных станций малой и средней мощности применяется газовая система компенсации давления, что влечет за собой растворение газовой фазы в теплоносителе первого контура. При нормальных условиях работы установки концентрация растворенного газа в компенсаторе давления и теплоносителе приходят к некоторому стационарному распределению, однако, при маневрировании либо при аварийных режимах работы, связанных с изменением параметров теплоносителя, происходит выделение газовой фазы, вследствие смещения точки насыщения. Данный процесс выделения газовой фазы может приводить к различным нарушениям в работе оборудования первого контура, что требует при проведении расчетного обоснования дополнительных исследований, которые учитывают наличие двухкомпонентных течений.

Их исследования требуют решения обширного количества расчетных и экспериментальных задач, одной из которых является разработка и создание новых методов измерения межфазной поверхности, которая необходима при вычислениях потоков массы и энергии через границу раздела [1–2]. В тоже время, в исследовательской практике для изучения гидродинамических характеристик потоков широкое распространение получил метод матричной кондуктометрии [3], позволяющий получить хорошую временную и пространственную дискретизацию показаний по измерительному сечению в экспериментальной модели.

Таким образом, целью данной работы являлось изучение особенностей движения газового пузыря в жидкой среде, а также отработка методических особенностей применения матричных кондуктометрических систем для исследования газожидкостных потоков.

Экспериментальные исследования проводились с использованием двухслойного сетчатого датчика (СД), установленного в вертикальный канал квадратного сечения 50x50 мм и системы инъекции газовой фазы, которая позволяет создавать газовый пузырь диаметром порядка 4-х измерительных ячеек (20 мм) в поперечном сечении. Экспериментальные данные включали в себя реализации показаний удельных проводимостей (УЭП) среды в измерительных ячейках СД, результаты видеofиксации отрыва и всплытия пузыря, а также объем подведенной газовой фазы, в качестве которой использовался атмосферный воздух.

Анализ экспериментальных данных позволил выявить образование избыточной УЭП при прохождении газового пузыря, вызываемой нарушением симметрии электромагнитного поля измерительной ячейки вследствие значительной разности проводимостей жидкой и газовой фаз в момент, когда газовый пузырь занимает ячейку не полностью [4]. Используемый в ходе анализа экспериментальных данных метод перебалансировки проводимостей позволил снизить влияние указанного явления на вычисляемые значения газосодержания. Ввиду того, что формирование заброса проводимости в действительности вызвано влиянием сложной совокупности ячеек датчика, совершенствование методик, направленных на устранение этих забросов, представляет собой актуальную задачу для дальнейших исследований в этой области и может быть связано, в частности, с применением аппроксимационных алгоритмов на основе сверточных нейронных сетей, хорошо адаптированных к работе с данными в матричном виде.

В результате применения метода перебалансировки проводимостей к экспериментальным данным УЭП были получены значения истинного объемного газосодержания в измерительных ячейках двухслойного сетчатого датчика. Помимо этого, производилась оценка скорости всплытия одиночных пузырей по данным датчиков и видеокамеры, которые находят приемлемое согласие друг с другом.

Полученные величины были использованы для определения значения площади межфазной поверхности, а также объемов одиночных пузырей градиентным методом, что позволило произвести сравнение балансных значений расхода газа по показаниям сетчатых датчиков и штатных контрольно-измерительных приборов, по результатам которого получено хорошее соответствие.

#### Литература

1. Kataoka, I. Local formulation and measurements of interfacial area concentration in two-phase flow / I. Kataoka, M. Ishii, A. Serizawa // *International Journal of Multiphase Flow*. – 1986. – Vol. 12. – P. 505–529.
2. Hibiki, T. Two-group interfacial area transport equations at bubbly-to-slug flow transition / T. Hibiki, M. Ishii // *Nuclear Engineering and Design*. – 2000. – Vol. 202. – P. 39–76.
3. Экспериментальные исследования процессов турбулентного смешения в основном оборудовании ЯЭУ / С. М. Дмитриев [и др.] // ВАНТ. серия: Ядерно-реакторные константы. – 2018. – С. 3–11.
4. Prasser, H. M. Improvement of Topflow Void Fraction Data Using Potential Field Simulation of the Wire-Mesh Sensor / H. M. Prasser, B. Matthias, L. Dirk // *SWINTH-201*, 2019. – Vol. 35.