



## СОДЕРЖАНИЕ

### Статьи

<i>Гизитдинова М.Р., Кузьмицкий М.А.</i> Мобильные подводные роботы в современной океанографии и гидрофизике.....	4
<i>Шейнман Е.Л.</i> Критерии и алгоритмы оценки эффективности комплексирования информации в многоканальной информационной системе.....	14
* <i>Трусова О.И.</i> Программно-методический комплекс анализа данных при проведении испытаний стационарных гидроакустических систем.....	25
* <i>Семенов Н.Н.</i> Обнаружение сложного искусственного объекта, лежащего на грунте.....	36
* <i>Шолохов А.С.</i> Многоканальное цифровое устройство для имитации углового положения объектов в комплексах полунатурного моделирования гидроакустических сигналов.....	44
* <i>Дерновский В.Л.</i> Моделирование влияния вибраций на формирование изображения в теневых приборах с учётом конечных размеров источника света.....	50
* <i>Васильев А.Д., Терешкин А.А.</i> Экспериментальное исследование волнового гравитационного течения в канале.....	59

### Рецензии на книги

Малышкин Г.С. Оптимальные и адаптивные методы обработки гидроакустических сигналов. Том 1. ....	64
---	----

### Из истории науки

115 лет со дня рождения академика В.В.Шулейкина.....	65
100 лет диссертации Д.И.Менделеева «О соединении спирта с водой».....	69
<b>Поздравляем</b> .....	72
<b>Внимание, конкурс!</b> .....	77
Правила представления материалов в редакцию.....	80

\* Доклады прочитаны на Первой конференции молодых ученых и специалистов «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики» (МАГ-2009).

# CONTENTS

## Articles

<i>Gizitdinova M.R., Kuzmitsky M.A.</i> Mobile Underwater Robots in Modern Oceanography and Hydrophysics .....	4
--	---

In article the current state and prospects of development of system of the problems solved within the limits of hydrophysical researches of the World ocean, and system of means with which help these problems can be solved is analyzed. Modern position with oceanographic researches in the Russian Federation, the place and the role of mobile underwater robots (or UUVs) in their further development is considered. Dual character of missions which can effectively carry out UUVs in solving civil problems (research and commercial) and military-oriented problems is underlined. Advantages of use of independent networks of oceanographic measurements on the basis of UUVs are estimated. The spectrum functionally focused UUVs for achieving the primary goals of underwater researches is resulted.

**Key words:** the mobile underwater robot, hydrophysical researches, oceanography, independent networks.

<i>Sheinman E.L.</i> Criteria and Algorithms of the Efficiency Estimation of the Information Integration in Multichannel Information Processing System.....	14
---	----

The problem of the efficiency estimation of the information integration in multichannel information processing system is considered. The concept of a complex task of object detection (detection - classification - determination of position) for multichannel information processing system is determined, taking into account identification of signals, which have been detected in various information channels. Probabilistic criteria and analytical algorithms of the efficiency estimation of the complex task of object detection in multichannel information system are developed.

**Key words:** information integration efficiency, multichannel information processing system, efficiency criteria, identification of signals.

<i>Trusova O.I.</i> Program-methodical Data Analysis Complex in Tested Stationary Sonar Systems.....	25
--	----

The report considers a program-methodical analysis complex of data obtained in tests of stationary hydroacoustic systems. We consider a method for analyzing the characteristics of sonar signals, methods of analyzing the characteristics of reverberation and mode structure of the acoustic waveguide. Results of the analysis of experimental data of the high-frequency active sonar, held in shallow sea, are described.

**Key words:** sonar signals, reverberation, mode structure of waveguide, active sonar, methods of analyzing the characteristics, experimental data.

<i>Semenov N.N.</i> Detection of complex artificial object lying on the ground .....	36
--	----

Results of numerical modeling of a small-sized sonar are resulted at detection and estimation of parameters of the complicated artificial object lying at the bottom.

**Key words:** sonar, echosignal, bottom reflection, beam spread, interference.

<i>Sholokhov A.S.</i> Multichannel digital device for imitation of angular position of objects in complexes of half-scale modelling of hydroacoustic signals.....	44
---	----

Principles of construction of multichannel digital device are considered, allowing to model angular position of object of hydrolocation with use of electric channel of reception path of the test system. Device allows to expand opportunities of complexes of half-scale simulation, including multichannel electronic simulator of hydroacoustic signals, acoustical array and hydropool.

**Key words:** modelling, seminatural, the simulator, the shaper, time shift.

<i>Dernovsky V.L.</i> Simulation of vibration influence on image forming in schlieren visualizer of marine density inhomogeneities subject to finite size of light source.....	50
--	----

Simulation of image forming in autocollimating schlieren visualizer of marine density inhomogeneities, subject to vibration of hydrophysics apparatus carrier, is completed. Method of illumination field computing is brought. Illumination field is computed on the surface of the photodetector array, subject to inhomogeneities absence in viewing volume, for either coherent or incoherent light source.

**Key words:** schlieren device, simulation, vibration, image forming, finite size of light source.

<i>Vasiliev A.D., Tereshkin A.A.</i> Experimental research of the gravitational wave channel flow.....	59
--	----

This paper describes a research of wave and turbulent processes in the channel to the sudden destruction of bridges, which separates the initial time two liquids of different densities in the channel are made in the laboratory Department of fluid mechanics and marine acoustics of St. Petersburg State Marine Technical University. Processes taking place in the channel were recorded on a digital camera. The resulting video was divided into frames and the most interesting moments were represented. Evaluation of wave propagation velocity, the Reynolds number and Froude number was produced.

**Key words:** internal waves, stable and unstable stratification, visualization of the wave motion, the Boussinesq approximation.

УДК 532.593.4

© А.Д.Васильев<sup>1</sup>, А.А.Терешкин<sup>1</sup>  
stormspeller@gmail.com

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ТЕЧЕНИЯ В КАНАЛЕ

Дано описание опыта, проведенного на базе гидродинамической лаборатории СПбГМТУ, по исследованию волновых и турбулентных процессов, происходящих в канале при внезапном разрушении перегородки, разделяющей в начальный момент времени две жидкости разной плотности, находящиеся в канале. Происходящие в канале процессы были зафиксированы на цифровую фотокамеру. Была произведена оценка скорости распространения волны, а также чисел Рейнольдса ( $Re$ ) и Фруда ( $Fr$ ).

Ключевые слова: внутренние волны, устойчивая и неустойчивая стратификация, визуализация волнового движения, приближение Буссинеска.

Исследование гравитационных волн на поверхности раздела двух жидкостей важно для задач как океанологии, так и корабельной гидромеханики. Примером подобных волн могут быть придонные гравитационные волны, стратифицированные течения на шельфе и внутренние волны. Одним из вариантов моделирования таких волн является течение в канале, вызванное внезапным разрушением вертикальной перегородки, разделяющей в начальный момент времени разные по плотности жидкости. Данное исследование проводилось в лабораторных условиях, но результаты эксперимента можно перенести на процессы, происходящие в океане.

Экспериментальные исследования течений подобного рода показали [1], что в зависимости от соотношения плотностей ( $\gamma = \rho_l/\rho_h$ , где  $\rho_l$  – плотность легкой жидкости,  $\rho_h$  – плотность тяжелой жидкости) могут реализоваться два различных режима течения: для  $\gamma \approx 1$  и для  $\gamma < 1$ . Основные отличия этих режимов заключаются в топологии фронтальной части потока, скорости его распространения и характере смешения жидкостей. Эволюция фронта тяжелой жидкости в приближении Буссинеска ( $\gamma \approx 1$ ) была изучена в [2, 3], где показано, что при достаточно высоких числах Рейнольдса ( $Re$ ) за головной частью формируется неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. Для  $\gamma < 1$  эта неустойчивость наступает при более высоких числах  $Re$ , а смешение отсутствует [4].

Данная работа является первой в серии экспериментальных исследований и посвящена визуализации волнового движения.

Экспериментальная установка (рис. 1) представляет собой канал длиной 380 мм, стенки которого изготовлены из органического стекла. Ширина и высота канала  $B = H = 200$  мм. На установке предусмотрен вертикальный шлюз, расположенный по середине длины, который препятствует первоначальному смешению жидкостей. При проведении опыта жидкости заливались до уровня  $h = 100$  мм от дна. Первоначально жидкости разделены вертикальным шлюзом. Слева от шлюза помещалась менее плотная жидкость, справа – более плотная. Визуализация производилась при помощи пище-

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Государственный морской технический университет

вых красителей (желтый – E102; оранжевый – E110; красный – E122; синий – E132); подкрашивалась жидкость с большей плотностью, т.е. находившаяся справа от шлюза.

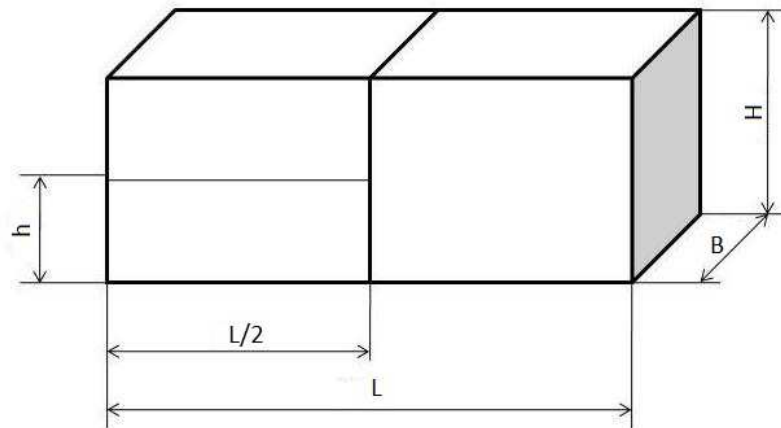


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

В качестве аппаратуры видеозаписи использовался цифровой фотоаппарат Canon PowerShot A460 с разрешающей способностью 5.0 мегапикселей. Видеозапись производилась с разрешением 640\*480 пикселей со скоростью записи 10 кадров в секунду.

На рис. 2 представлен внешний вид экспериментальной установки, состоящей из канала, вертикального шлюза и фонового экрана для проведения видеосъемки.



Рис. 2. Внешний вид экспериментальной установки.

**Результаты лабораторного исследования.** При обработке полученных в результате эксперимента материалов большая часть параметров была представлена в безразмерном виде с учетом следующих характерных величин:

- время наблюдения – 55 с;
- длина канала – 0.38 м;
- уровень воды в канале – 0.1 м.

На рис. 3, а представлен процесс начала взаимодействия двух разноплотных жидкостей. Жидкость с большей плотностью (справа) перетекает в левую часть установки,

вытесняя снизу (около дна) менее плотную жидкость. Сверху менее плотная жидкость занимает объем, освобожденный более плотной жидкостью. В данный момент начинается формирование фронта внутренней волны в канале.

На рис. 3, б видна неустойчивость Кельвина-Гельмгольца за головной частью фронта распространения волны. Неустойчивость образуется на расстоянии примерно в 0,08-0,12 (30-45 мм) левее места установки вертикальной перемычки. Также на данном снимке видно формирование фронта второй волны.

На рис. 3, в зафиксирован момент достижения более плотной жидкостью левой стенки канала. Наблюдается слой смешения, образованный вследствие разрушения неустойчивости Кельвина-Гельмгольца и обрушения волны. Толщина этого слоя смешения 0,19 в безразмерных координатах от уровня жидкости в канале. Слой по длине располагается от места расположения шлюза до левой стенки канала.

Рис. 3, г иллюстрирует момент прохождения волны от левой стенки канала к правой стенке. В средней части канала, в месте установки шлюза, наблюдается обрушение волны. Также следует отметить, что обрушение волны происходит внутри образованного ранее слоя смешения.

Слой смешения, обусловленный обрушением отраженной внутренней волны, представлен на рис. 3, д. Как видно на фотографии, вихревые процессы в слое смешения менее выражены, чем в слое смешения, показанного на рис. 3, в. Также следует отметить, что слой смешения имеет различную плотность по толщине.

На рис. 3, е изображен момент достижения волной правой стенки канала. В левой части канала можно увидеть слой смешения. В правой части канала, как видно на рис. 3, д, е также присутствует слой смешения, но он имеет меньшую толщину, чем слой смешения в левой части канала.

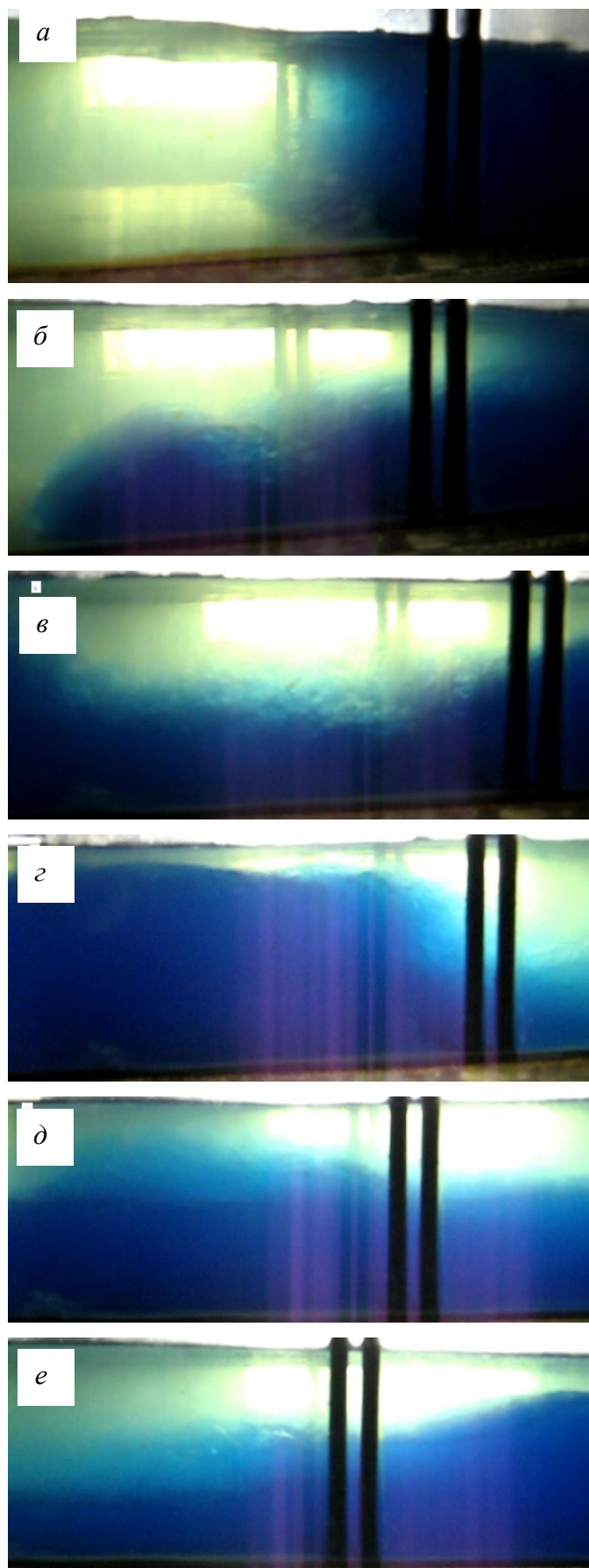
На рис. 3, ж, з изображен проход волны соответственно слева направо и справа налево. Стоит отметить, что на последних двух фотографиях амплитуда волны меньше, чем при первом проходе волны; также отсутствуют всякого рода неустойчивости и обрушения волн, а слой смешения двух жидкостей имеет самую малую толщину.

На рис. 3, и показан процесс затухания волновых движений и образование устойчиво стратифицированной жидкости.

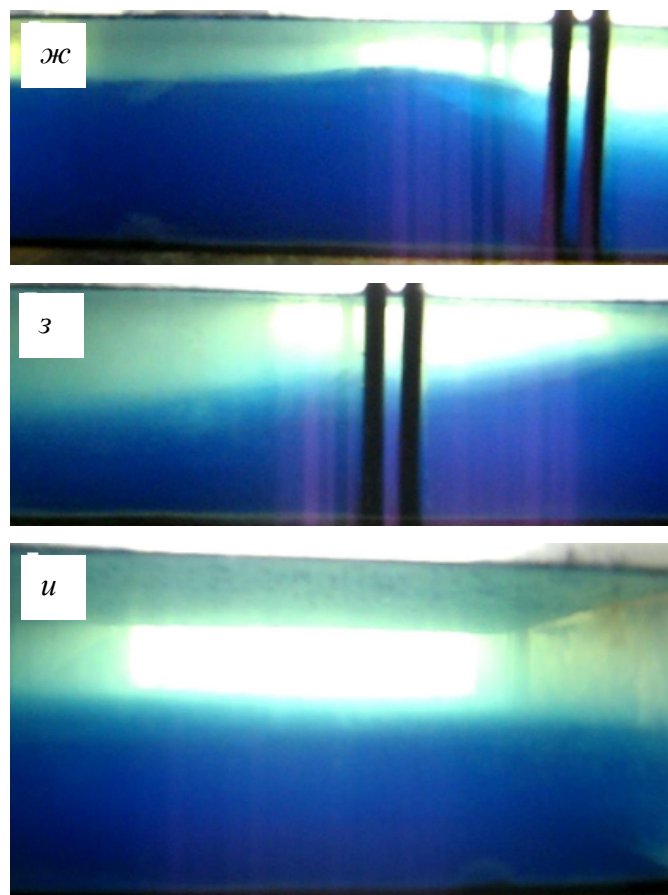
Слой смешения, формирование которого было описано, представляет собой зону перехода от жидкости одной плотности к жидкости другой плотности. Этот слой имеет различную плотность по толщине.

В результате была произведена оценка некоторых физических и безразмерных величин опыта: скорость фронта волны, оцененная визуально, составляет примерно 0,076 м/с; число  $Re$  – примерно 18 390; число  $Fr$  – примерно 0,0394; толщина слоя смешения, который разделяет две жидкости, изменяется от 0,2 до 0,05.

Подобные исследования уже проводились другими авторами как опытным путем, так и посредством численного моделирования [1, 2]. Было показано, что при разрушении вертикальной перегородки образуется неустойчивость Кельвина-Гельмгольца и гравитационной волны. В данной работе наблюдались такие же явления.



**Рис. 3.** Эволюция волнового движения в различные моменты времени: 1/55 (а); 2/55 (б); 4/55 (в); 6/55 (г); 8/55 (д); 10/55 (е). (Окончание на с. 63).



**Рис. 3.** Окончание. Эволюция волнового движения в различные моменты времени: 16/55 (ж); 20/55 (з); 1 (и).

\*\*\*

Было проведено исследование гравитационного течения в канале, образующегося в результате разрушения вертикальной перегородки. В процессе опыта наблюдались такие явления как неустойчивость Кельвина-Гельмгольца, обрушение внутренней волны, формирование слоя смешения между двумя жидкостями и образование устойчивой стратификации.

В дальнейшем планируется сделать канал герметичным, исключив тем самым влияние свободной поверхности. Также планируется провести опыты с наклонным расположением установки, введя отрицательные и положительные наклоны канала для моделирования свала глубин.

#### Литература

1. *Lowe R.J., Rottman J.W., Linden P.F.* The non-Boussinesq lock-exchange problem. Theory and experiments // *J. Fluid Mech.* 2005. V.537. P.101–124.
2. *Гриценко В.А., Юрова А.А.* Об основных фазах отрыва придонного гравитационного течения от склона дна // *Океанология.* 1999. Т.39, № 2. С.187–191.
3. *Härtel C., Meiburg E., Necker F.* Analysis and direct numerical simulation of the flow at gravity-current head. Flow topology and front speed for slip and no-slip boundaries // *J. Fluid Mech.* 2000.V.418. P.189–212.
4. *Birman V.K., Martin J.E., Meiburg E.* The non-Boussinesq lock-exchange problem. High resolution simulations // *J. Fluid Mech.* 2005. V.537. P.125–144.

Статья поступила в редакцию 27.11.2009 г.

