

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

КОНТИМИРОВ Глеб Егорович

студент, магистрант

ПЕТРОСЬЯНЦ Виктор Владимирович

кандидат технических наук, профессор

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

г. Владивосток, Россия

Разработана экспериментальная установка генератора мощных гидроакустических сигналов на основе эффекта электрогидравлического удара. Проведено моделирование процессов распространения ударных волн. На основе экспериментальных данных построена эпюра звукового давления в ближней зоне. Найдена зависимость мощности генерируемых ударных волн от расстояния. Показана возможность использования электроразрядных гидроакустических преобразователей в системах дальней подводной связи.

Ключевые слова: гидроакустический преобразователь, электрогидравлический удар, моделирование, звуковое давление, эпюра звукового давления.

Явление электрогидравлического удара (ЭГУ) широко используется в промышленности для технологических целей, так как оно способно создавать на небольших расстояниях сверхмощное звуковое давление: для дробления горных пород [3], штамповки металла, в химических процессах и т. д. Способность ЭГУ создавать большие значения звуковых давлений может быть использована для создания мощных электроразрядных гидроакустических преобразователей (ЭПП) для нужд связи. В качестве прототипа был скон-

струирован преобразователь в виде цилиндрической трубы из твердого полиэтилена, представленный на рисунке 1, дабы обеспечить необходимые характеристики упругости и прочности, а также изоляцию корпуса от электродов. Источником механических колебаний стенок преобразователя является электрогидравлический удар в жидкости. Сама электрогидравлическая установка также изображена на рисунке 1. Опыт проводился со следующими параметрами установки: емкость конденсатора $C = 0,4$ мкФ, заряд конденсатора $U = 7$ кВ.

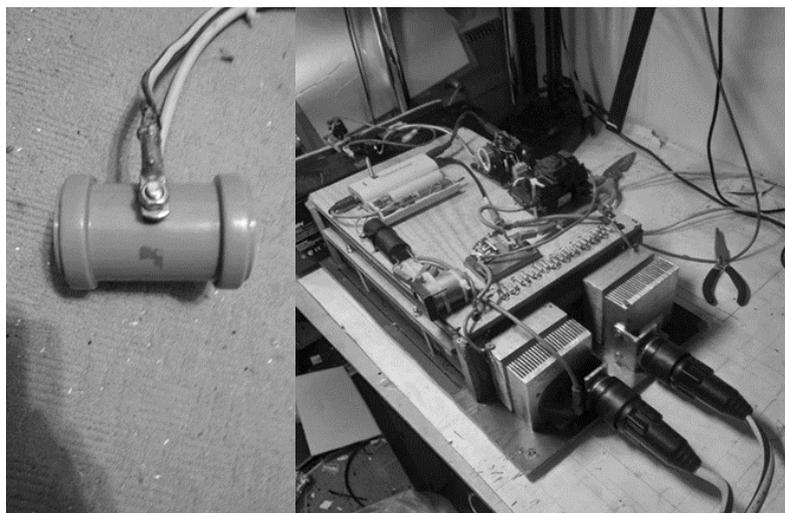


Рисунок 1. Преобразователь и электрогидравлический генератор

Упрощенная структурная схема экспериментальной установки представлена на рисунке 2.

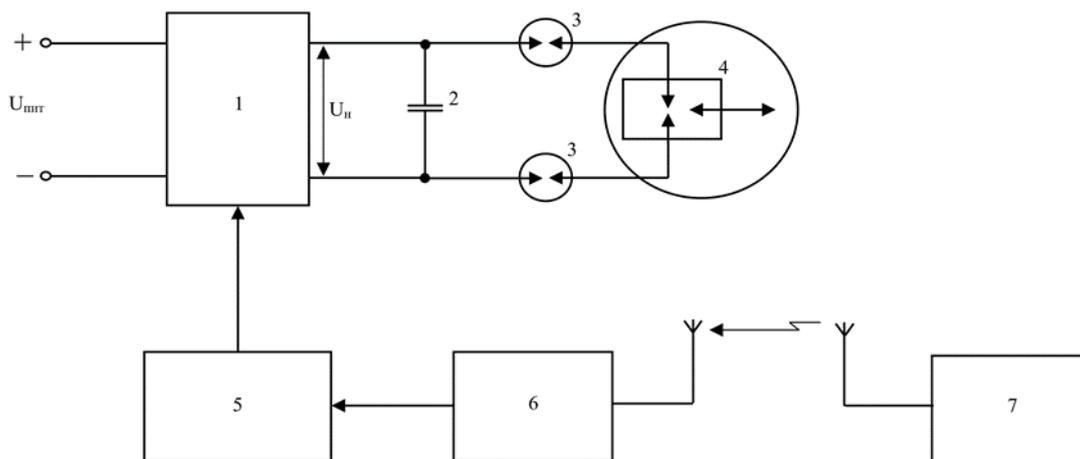


Рисунок 2. Структурная схема экспериментальной установки

Преобразователь напряжения 1 питается от аккумуляторной батареи $U_{пит} = 24$ В. Максимальное напряжение U_H на выходе преобразователя напряжения может достигать 30 кВ. Система управления 5 на базе микроконтроллера позволяет программным образом регулировать амплитуду заряда накопительного конденсатора C_H 2 и частоту разрядных импульсов f_r , что является отличительной особенностью данной установки. В разрядном контуре применены два разрядника 3. Второй разрядник необходим для увеличения крутизны разрядных импульсов, чтобы ударный эффект был максимальным. ЭГП 4 состоит из высоковольтного излучающего разрядника (излучатель) и некоторой

конструкции преобразователя: в форме параллельных пластин и цилиндра.

Установка управляется дистанционно с помощью Bluetooth-модуля 6. В качестве управляющего устройства 7 используется смартфон. Программа управления установкой позволяет осуществлять импульсно-кодовое модулирование сигнала.

По результатам опыта, проведенного в бассейне диаметром 3 м и глубиной 1,5 м, были получены значения звукового давления в относительных единицах, перечисленные в таблице 1. Измерения проводились на расстоянии 2,45 м между приемником и излучателем при глубине погружения 1 м.

Таблица 1

Угол поворота излучателя относительно приемника, φ	Экспериментальное эффективное звуковое давление, $P_{эксп}$		Расчетное эффективное звуковое давление, $P_{расч}$	
	кПа	о.е.	кПа	о.е.
0 градусов	252	2,9	234	2,7
45 градусов	177	2,1	175	2,0
90 градусов	85,8	1	86,1	1

Давление на фронте ударной сферической волны в морской среде определяется по формуле [1]:

$$\Delta P \approx 121,6 \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{\eta \cdot C_H U_H^2}}{r} \right)^{1,13}$$

где: ΔP – давление на фронте ударной волны, кПа; C_H – емкость накопительного конденсатора, Ф; U_H – заряд конденсатора, В; r – расстояние до эпицентра взрыва (от источника до приемника).

В результате анализа данных, полученных

экспериментальным путем, предложена математическая модель, описывающая эюру звукового давления, формируемого преобразователем цилиндрического типа:

$$P_{ц} = 121,6 \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{\eta \cdot C_H U_H^2}}{r} \right)^{1,13} \cdot e^{\cos(\varphi)}$$

где: $P_{ц}$ – звуковое давление, создаваемое

цилиндрическим преобразователем, кПа; φ – угол ориентации преобразователя относительно приемника.

На рисунке 3 приведена эюра звукового давления, формируемая преобразователем в ближней зоне в ограниченных лабораторных условиях.

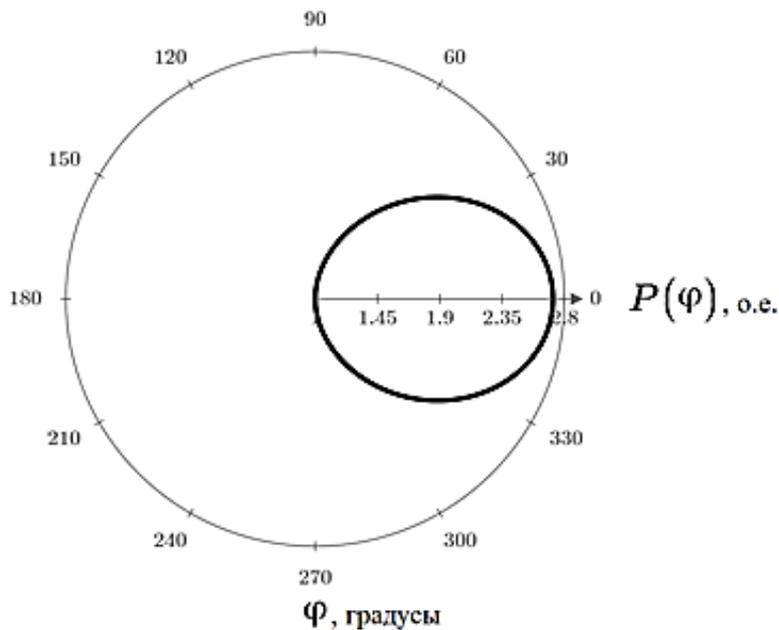


Рисунок 3. Эюра звукового давления для цилиндрического преобразователя

Моделирование процесса распространения ударной волны осуществлялось в программном комплексе StartFlow [2]. На рисунке 4 приведены результаты для излучений с использованием цилиндрического преобразователя и без него. Важной также явля-

ется зависимость формируемого звукового давления от расстояния. На рисунке 5 приведена зависимость звукового давления в децибелах, создаваемого цилиндрическим преобразователем в направлении оси распространения ударных волн, от расстояния в метрах.

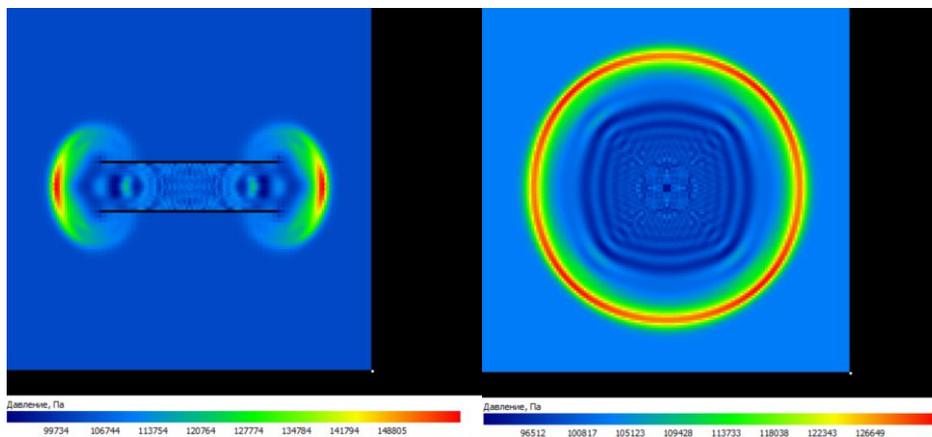


Рисунок 4. Модель распространения ударной волны

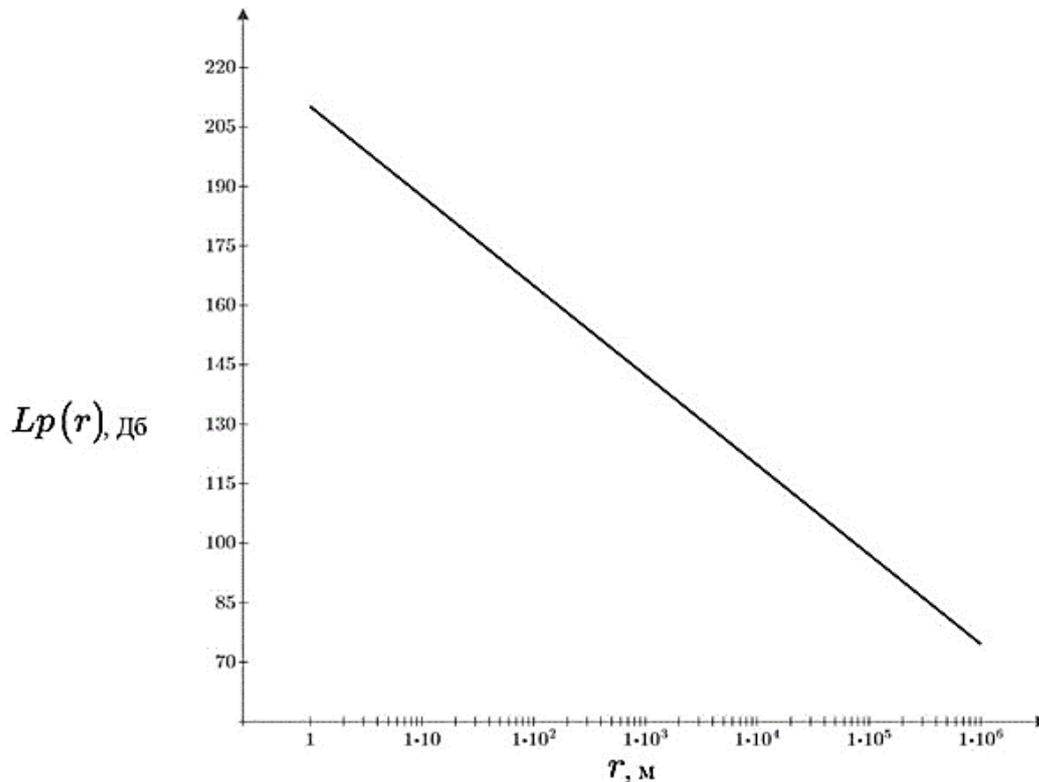


Рисунок 5. График зависимости звукового давления от расстояния

Полученные результаты представляют возможным использование таких преобразователей в конструкциях электроразрядных импульсных излучателей или антенн. Для этого необходимо провести дополнительные исследования в реальных условиях морской среды. А также размеры антенны должны быть приблизительно соизмеримы с длиной волны формируемых колебаний. В этом случае будет обеспечена направленность излучения.

Цилиндрическая конструкция антенны предположительно позволит обеспечить более узкую диаграмму направленности по сравнению с антенной, выполненной в виде двух параллельных пластин. Подобные мощные гидроакустические преобразователи с ударным возбуждением могут использоваться в системах дальней подводной связи, где не требуется больших скоростей и объемов передаваемой информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бровин А.В. Использование эффекта электрогидравлического удара в борьбе с подводным терроризмом // Морской сборник. – 2010. – № 3. – С. 26-30.
2. Учебная программа для газодинамических расчетов StartFlow. Учебное пособие. VisualMathStart, 2015. – 112 с.
3. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности: учебник. – Ленинград: «Машиностроение», Ленинградское отделение, 1986. – 253 с.

RESEARCH OF ELECTRIC DISCHARGE HYDROACOUSTIC CONVERTERS

KONTIMIROV Gleb Egorovich

student, undergraduate

PETROSYANTS Victor Vladimirovich

PhD in Technical Sciences, Professor

Far Eastern Federal University

Vladivostok, Russia

An experimental setup for a generator of powerful hydroacoustic signals based on the effect of electrohydraulic shock has been developed. The modeling of the processes of propagation of shock waves has been carried out. On the basis of the experimental data, the profile of the sound pressure in the near zone was constructed. The dependence of the power of the generated shock waves on the distance is found. The possibility of using electric-discharge hydroacoustic transducers in long-distance underwater communication systems is shown.

Key words: hydroacoustic transducer, electrohydraulic shock, modeling, sound pressure, sound pressure diagram.
