

ТЕХНИКА ИЛИМДЕРИ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCE

Оспанова Д.А.

**ГАЗДУУ СУЮК АГЫМДЫН УРУНУУ ТОЛКУНУНДАГЫ ИМПУЛЬСТУК
 БАСЫМДЫН БӨЛҮШТҮРҮЛҮШҮН ИЗИЛДӨӨ**

Оспанова Д.А.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ДАВЛЕНИЯ УДАРНОЙ
 ВОЛНЫ ГАЗОЖИДКОСТНОГО ПОТОКА**

D.A. Ospanova

**INVESTIGATION OF DISTRIBUTION OF PULSE PRESSURE SHOCK WAVE GAS-
 LIQUID FLOW**

УДК: 530.1(075.8); 537.528.

Бул иште суюктуктагы жогорку вольттогу разряд-дар каралат. Суюктукта электрогидравликалык разряддын коштолушу, урунуу толкунун таралышына диффузорлордун канчалык күчтүү таасир этээри эксперименталдык изилденет.

Негизги сөздөр: диффузор, конфузор, электрогидроимпульстук натыйжа, пьезометрикалык датчик, басымдын импульсу, урунуу толкуну.

В данной работе рассматриваются высоковольтные разряды в жидкости. Экспериментально исследуются, насколько сильно влияет наличие диффузоров на распространение ударной волны, сопровождающей электрогидравлический разряд в жидкости.

Ключевые слова: диффузор, конфузор, электрогидроимпульсный эффект, пьезометрический датчик, импульс давления, ударная волна.

In this paper, high-voltage discharges in a liquid. Experimentally investigated how strongly affected by the presence of diffusers on the propagation of the shock wave accompanying the electro-discharge in liquid.

Key words: diffuser, confuser, electrohydropulse effect, piezometric sensor, pressure pulse, blast wave.

Введение. В большинстве теоретических и экспериментальных работ, связанных с влиянием пузырьковых завес на эволюцию волн, в основном изучение проводилось применительно к ситуации, когда волна давления, сформировавшись в газовой фазе, входит в область, пузырьковой жидкости, граничащую с областью «чистой» жидкости.

Особенность динамики прохождения волн из газа в пузырьковую жидкость связана с тем, что пузырьковая жидкость акустически более мягкая, чем чистая жидкость, в то же время значительно более жесткая, чем газ. Когда волна давления, сформировавшаяся в чистой жидкости, проникает в пузырьковую жидкость, реализуется совершенно иная картина. Хотя некоторые качественные закономерности для такого случая следуют из общей

теории акустики пузырьковых жидкостей, к настоящему времени в литературе практически отсутствуют работы с численным анализом [1].

Характерной особенностью двухфазных сред пузырьковой структуры является наличие мелко-масштабных течений, вызванных радиальными пульсациями пузырьков. Известно, что усиление нелинейных волн, распространяющихся в газожидкостной среде, возможно не только за счет инерции жидкости при радиальном течении вокруг пузырьков и упругости газа в пузырьках, но и за счет уменьшения объемной концентрации газа в направлении распространения волны (т.е. происходит рост в целом среднего давления в волне). В случае же увеличения концентрации газа в смеси происходит уменьшение амплитуды и скорости распространения волн.

Возникающие из ударной волны импульсы, по видимому, неустойчивы, и их взаимодействие приводит к сложной картине распространения ударной волны. Поэтому, результаты экспериментов проведенных с импульсным ударно-волновым воздействием, позволили существенно расширить возможности исследования кинетики таких неравновесных процессов в двухфазных средах. Синхронный контроль кавитационных процессов в экспериментальных исследованиях осуществляется в основном с помощью широкополосного пьезоэлектрометрического датчика.

Методика исследования. Экспериментальные исследования проводились на электрогидравлической установке, разработанной в Лаборатории гидродинамики НИИ Техническая физика и проблемы экологии при КарГУ им. академика Е.А. Букетова [2].

Для проведения систематизированных лабораторных исследований по изучению электрогидравлического удара в лаборатории был собран экспериментальный стенд, контрольно-измерительная систе-

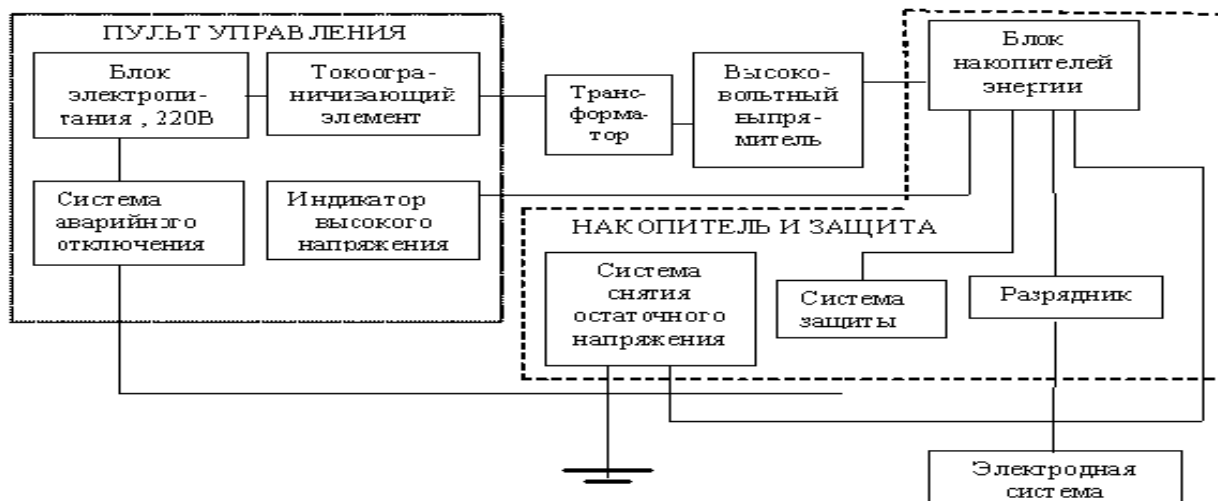


Рис. 2. Блок -схема электрогидравлической установки

На рисунке 3 показана схема и снимок рабочего участка стэнда с диффузором.

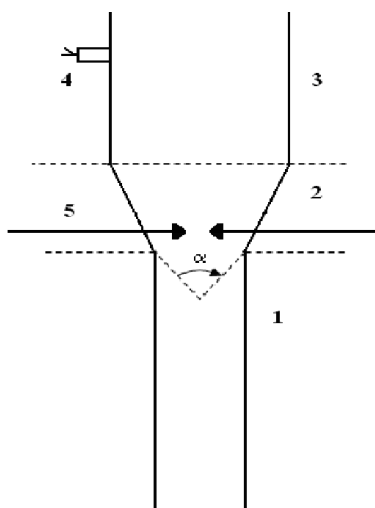


Рис.3 Схема и снимок рабочего участка стэнда с диффузором

Для исследования процессов распространения импульса давления, создаваемых электрическими разрядами в жидкости, эксперименты проводились с использованием в качестве рабочего участка - ударной трубы (рисунок 3), изготовленной из прочного материала длиной 0,5м, меньшим диаметром 25мм и большим 40мм. Угол конусности $\alpha = 10^0$.

В качестве полости, имеющей каналы переменного сечения, использовались цилиндрические и конические трубчатые каналы, содержащие местные поперечного сечения – диффузоры. Рабочий участок состоит из двух цилиндрических каналов 1 и 3, конического диффузора 2, датчика регистрации импульса давления 4 и электродной пары 5 для осуществления подводного электрического разряда в жидкости [3].

Датчик давления позволяет измерять импульсное давление с амплитудой до 50 бар. Длительность

измеряемых импульсов давления составляет величину $\sim 0,001 \div 0,005$ с.

На рисунках 4 и 5 изображены пьезометрический датчик импульсного давления и график тарировки датчика.

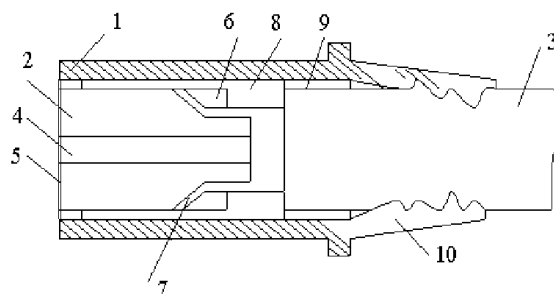


Рис. 4. Пьезометрического датчика импульсного давления

Датчик импульсного давления (рисунок 4) состоит из корпуса 1, пьезоэлемента 2, коаксиального кабеля 3. Пьезоэлемент расположен на центральной

жиле 4 кабеля, плоским концом соприкасается с мембраной 5, а другим торцом, выполненным в виде конуса, опирается на шайбу 6 с внутренней конусной поверхностью, между которыми расположен экран кабеля 7. Шайба установлена на выступе изолирующей гильзы 8, опирающейся через кольцо 9 на внутреннюю часть корпуса, хвостовик 10 выполнен с внутренними кольцевыми ребрами, входящими в верхний изоляционный слой кабеля.

Принцип действия датчика заключается в следующем: импульсное давление, воздействующее на мембрану, передается на пьезоэлемент, в котором формируется электрический сигнал, передаваемый через волноводы на регистрирующий прибор – запоминающий осциллограф [3].

Тарировочный график датчика импульсного давления, полученный в результате многочисленных испытаний и экспериментов, проведенных в Институте Теплофизики СО РАН и в Лаборатории гидродинамики и теплообмена НИИ Физики, приведен на рисунке 5.

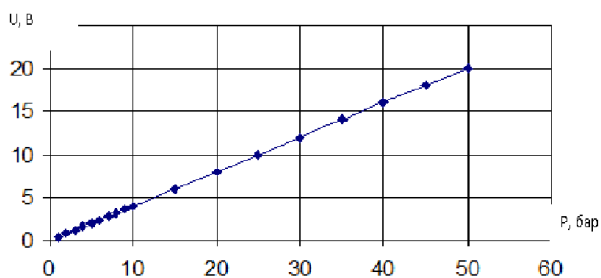


Рис. 5 График тарировки пьезометрического датчика

Результаты систематизированных исследований показали, что относительный разброс экспериментальных точек составляет около 5-7%.

Осциллограф является незаменимым прибором для наблюдения и измерения электрических сигналов. Преимуществом цифрового осциллографа является возможность фиксирования сигнала для последующего его изучения или сравнения с другими сигналами. Представление сигнала в цифровом виде дает дополнительное преимущество - возможность проведения его научного анализа. Таким образом, вычисление среднеквадратичного значения не представляет проблемы, хотя следует помнить, что выведенное на экран среднеквадратичное значение определяется только для переменной составляющей измеряемого сигнала. Частота сигнала может быть определена при помощи маркеров (путем измерения времени одного периода), а также можно измерить напряжение между двумя маркерами. При использовании цифрового осциллографа следует помнить, что измеряемый сигнал разбивается на короткие временные интервалы. В результате такого разбиения некоторые частоты могут не попасть в выборку, особенно в случае высокочастотных сигналов. С целью

проверки выводов теории и количественной оценки эффектов, связанных с влиянием увеличения напряжения электрического разряда на динамику импульсного давления были проведены экспериментальные исследования на установке, описанной в высшее, позволяющей создавать электрические разряды в жидкости в каналах переменного сечения с заданным углом конусности [4].

Результаты исследования. В результате экспериментальных исследований получены зависимости входного напряжения от импульсного давления, создаваемого электрическим разрядом в рабочем участке экспериментальной установки. Опыты проводились при фиксированном расстоянии между электродами, находящимися внутри рабочего канала. Также постоянными являлись емкость накопителя энергии и индуктивность разрядного контура. Варьируемыми параметрами являлись межэлектродное расстояние разрядника.

Эксперименты проводились с использованием в качестве рабочего участка - ударной трубы, изготовленной из прочного материала длиной 0,5 м, меньшим диаметром 25мм и большим 40мм [4].

Графические зависимости экспериментов показаны на рисунках 6-10.

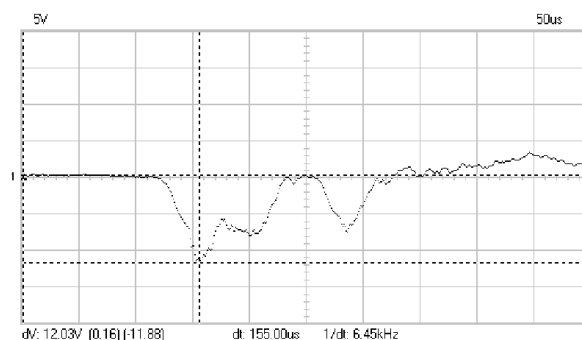


Рис. 6. Изменение входного напряжения по времени при расстоянии между электродами внутри рабочего участка -1 мм, напряжении на киловольтметре -3 кВ, расстоянии между электродами разрядника – 1 мм

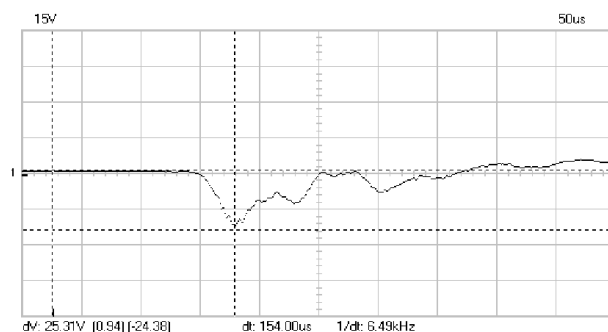


Рис. 7. Изменение входного напряжения по времени при расстоянии между электродами внутри рабочего участка -1 мм, напряжении на киловольтметре – 6 кВ, расстоянии между электродами разрядника – 2 мм

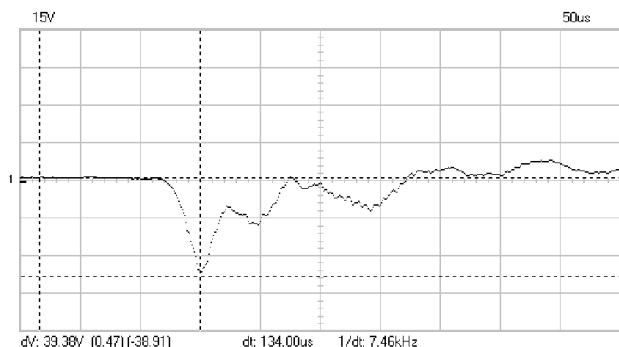


Рис. 8. Изменение входного напряжения по времени при расстоянии между электродами внутри рабочего участка – 1 мм, напряжении на киловольтметре – 9 кВ, расстоянии между электродами разрядника – 3 мм

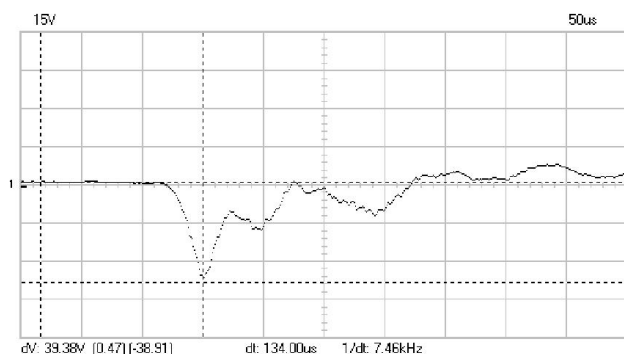


Рис. 9. Изменение входного напряжения по времени при расстоянии между электродами внутри рабочего участка - 1 мм, напряжении на киловольтметре – 12 кВ, расстоянии между электродами разрядника – 4 мм

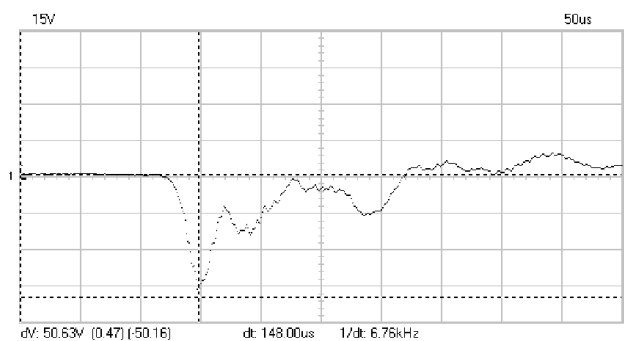


Рис. 10. Изменение входного напряжения по времени при расстоянии между электродами внутри рабочего участка - 1 мм, напряжении на киловольтметре – 15 кВ, расстоянии

Полученные графические данные (рисунки 6-10) показали явную зависимость амплитуды давления ударной волны от разрядного напряжения. Сигнал регистрировался при помощи цифрового осциллографа PCS500 с использованием специального программного обеспечения PCLab 2000. Изображение сигналов, регистрируемых осциллографом PCS500, сохранялось в память компьютера для дальнейшего анализа и исследования.

Описывая полученные изображения сигналов, можно сказать следующее:

- самый высокий пик соответствует напряжению, а точнее будет сказать давлению, которое создавалось ударной волной и регистрировалось пьезометрическим датчиком непосредственно после осуществления электрического разряда в жидкости.

- следующие, более низкие пики, соответствуют давлению, создаваемому отраженной ударной волной.

Дальнейшее регистрируемое давление соответствует затухающим колебаниям в среде, в которой проводился электрический взрыв [5].

Программное обеспечение PCLab 2000 позволяет измерять величину сигналов при помощи специальных вертикальных маркеров. Их значение показаны в нижней левой части экрана. Также используя горизонтальные маркеры, появляется возможность измерения длительности сигнала. Значения времени показаны в нижней центральной части экрана. Автоматически цифровой осциллограф определяет частоту, которая показана справа от значений времени.

В верхней части экрана выставляется размер делений. По оси X – в вольтах, по оси Y – в секундах [6,7].

Анализ экспериментальных исследований. На основании данных полученных с помощью цифрового осциллографа PCS500 был составлен график зависимости входного напряжения от расстояния между электродами разрядника (рис.11-12).

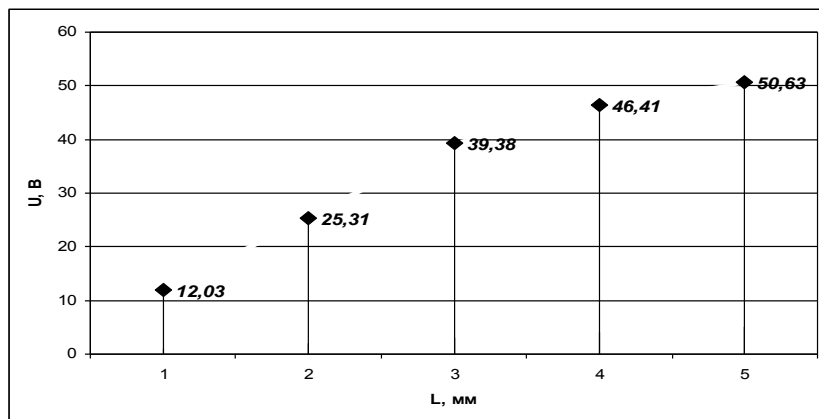


Рис.11. Зависимость входного напряжения от расстояния между электродами разрядника при емкости конденсатора 0,25мкФ

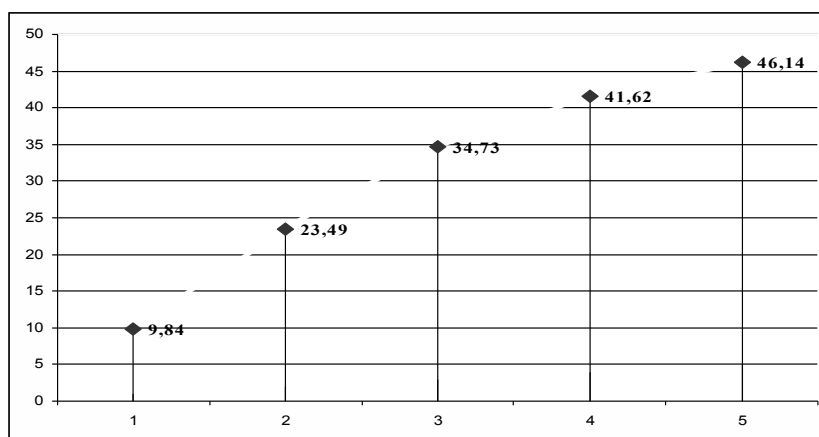


Рис. 12. Зависимость входного напряжения от расстояния между электродами разрядника при емкости конденсатора 0,1мкФ

Полученная зависимость входного напряжения от расстояния между электродами разрядника является линейной.

Выводы. По полученным результатам можно сказать следующее:

- с ростом межэлектродного расстояния разрядника и соответственно, с увеличением напряжения пробоя, давление растёт.

- сравнительный анализ полученных результатов показывает, что конический диффузор с данным углом сужения в указанном диапазоне изменения условий эксперимента практически не оказывает никакого влияния на величину амплитуды импульсного давления. Следовательно, при такой протяженности конического диффузора с малой степенью сужения можно не учитывать влияние переменности сечения канала на величину давления.

Литература:

1. Кусаинов К. Гидродинамика, теплообмен и электрогидравлические явления при движении двухфазных сред в трубах. – Караганда: КарГУ, 1998.- 114б. Кусаинов К.К., Сакипова С.Е., Оспанова Д.А., Абилкасимов Б.Б. Распространение импульса давления в сужающихся каналах //Материалы 9-й международной научной конферен. – Караганда, КарГУ, 2006 – Б.158-160.

2. Кусаинов К., Сакипова С.Е., Оспанова Д.А. и др. Особенности измерения импульсного давления подводного взрыва при наличии конического диффузора. Вестник Карагандинского университета. -Серия Физика. 2008.- №4(52). –С.36-40.
3. Кусаинов К., Сакипова С.Е., Оспанова Д.А., Курмашева К.Е. Влияние импульсного давления подводного взрыва на структуру пузырьковых кластеров, движущихся в канале переменного сечения. Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент: Мат.5-й межд.научн. конф. Т.2 - Астана: ЕНУ.- 2008.–С.53-60
4. Сакипова С.Е., Оспанова Д.А., Ахмерова К.Е. Исследование гидродинамики газожидкостного потока при электроразрядном воздействии. Промышленная теплотехника: Международный научно-прикладной журнал. 2011. -Т.33. -№7. -С.59-60.
5. Кусаинов К.К., Сакипова С.Е., Оспанова Д.А., Ахмерова К.Е., Усикбаева А. Динамика электроразряда в газожидкостном потоке в каналах переменного сечения. «Актуальные проблемы современной физики» Мат. межд.научн. конф., посвященной 80-летию профессора Исатаева Совета Исатаевича - Алматы: Изд-во КазНУ, 2012.- С.42-46.
6. Абдрахматов К.Е., Джанабилова С., Ельдеева М. Сейсмическое районирование и активные разломы// Известия Вузов, 2015.- № 2. – С.66-68.

Рецензент: Кожонов Т.Т.