

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО И ПНЕВМОАКУСТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Д.В. Винников, А.Н. Озеров, В.Б. Юферов, А.Н. Пономарев, И.В. Буравилор
Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
Харьков, Украина
E-mail: vinniden@mail.ru

Проведено сравнение электрогидравлического и пневмоакустического источников по длительности и интенсивности акустических сигналов, изменению прозрачности жидкости, зависящей от процессов зарождения, роста и времени существования пузырьков водогазосолевых зародышей при давлении 100 и 10 кПа. Установлена зависимость времени жизни, размеров и формы парогазовой полости и газового пузыря от величины давления над поверхностью жидкости.

ВВЕДЕНИЕ

Ранее в [1] проводился сравнительный анализ источников электрогидравлического и пневмоакустического типов, работавших отдельно друг от друга. В данной работе источники, расположенные в общем реакторе, сравнивались по большому количеству параметров. Этими параметрами являлись: длительность и амплитуда акустических сигналов источников; изменяющаяся во времени прозрачность жидкости, связанная с процессами образования, роста и временем жизни пузырьков – зародышей. Также проводилась скоростная фоторегистрация процессов, происходящих после инициирования импульсов. Предлагаемые к рассмотрению источники применяются для различных технологических процессов, в частности, мокрой оттирки песка, дегазации жидкостей, очистки деталей сложной формы, дробления резины в жидком азоте [2-6].

Возбуждение акустических колебаний пневмоакустическим источником (ПАИ) осуществляется путем периодической инъекции сжатого газа в жидкость с образованием газового пузыря. В электрогидравлическом источнике (ЭГИ) акустические колебания возбуждаются высоковольтным электрическим разрядом в жидкости. Увеличение амплитуды и длительности акустических сигналов излучателей за счет параметров конденсаторных батарей и увеличения габаритов камеры с запасаемым сжатым газом приводит к их удорожанию. В работе впервые предложен метод увеличения акустической мощности сигналов от ЭГИ при помощи понижения давления над поверхностью жидкости.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Эксперименты проводились на установке, принципиальная электрическая схема которой показана рис. 1. Запасаемая энергия конденсаторной батареи ЭГИ до 625 Дж. Запасаемая энергия в пневмоизлучателе около 500 Дж. При этом запасенная в сжатом газе энергия $p_1 v_1^n = p_2 v_2^n$, где величина n – так называемый показатель политропы, может изменяться в пределах $1 \leq n \leq \gamma$ в зависимости от степени теплообмена со средой [7].

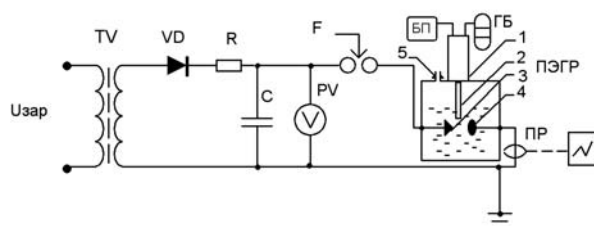


Рис. 1. Принципиальная схема установки ГИБРИД: 1 – ПАИ; 2 – ствол ПАИ; 3, 4 – системы электродов; БП – блок питания ПАИ; ГБ – газовый баллон; ПР – пояс Роговского; ПЭГР – пневмоэлектрогидравлический реактор

Электроды ЭГИ типа конус-полусфера изготавливались из нержавеющей стали, межэлектродный промежуток равнялся 3...5 мм. Длина ствола ПАИ – 400 мм, диаметр – 30 мм. Реактор объемом 30 л заполнялся жидкостью на 70%.

Область, в которую инжектируется газовый пузырь пневмоакустическим источником, находится под стволом, расположенным вертикально (рис. 2). Зона инициирования парогазовой полости (ПГП) располагается между электродами, лежащими в горизонтальной плоскости.



Рис. 2. Общий вид зоны генерации акустических импульсов: 1 – ствол пневмоакустического Излучателя; 2 – межэлектродный промежуток (МЭП)

Мощности источников оценены из экспериментально полученных кривых разрядного тока и осциллограмм тока через обмотку электромагнита пневмоизлучателя (рис. 3). Согласно рис. 3,б время открытого состояния пневмоизлучателя составляет 40 мс

(участок 3–4), а весь газ согласно оценкам выходит за 5 мс в процессе движения электромагнита (участок 2–3) [7]. Таким образом, мощность газового импульса составляет $\sim 100 \dots 200$ кВт. В то время, как ввод энергии в разрядный канал для ЭГИ составляет 60 мкс, мощность электрогидравлического импульса отсюда $\sim 5 \dots 10$ МВт. Рассматривая интересующий нас процесс дегазации жидкостей для микросекундных и миллисекундных импульсов, косвенно определяемый уровнем прозрачности, можно утверждать, что оптимальные энергетического воздействия находятся в разных диапазонах. Так для пневмоизлучателя это $150 \dots 250$ Дж, тогда как для электрогидравлического излучателя была получена линейная зависимость уровня прозрачности от энерговклада в диапазоне энергий $200 \dots 625$ Дж [3], а точка оптимума не была достигнута из-за опасности превышения прочностных характеристик реактора. Поэтому сравнение велось в вышеуказанных диапазонах энергий.

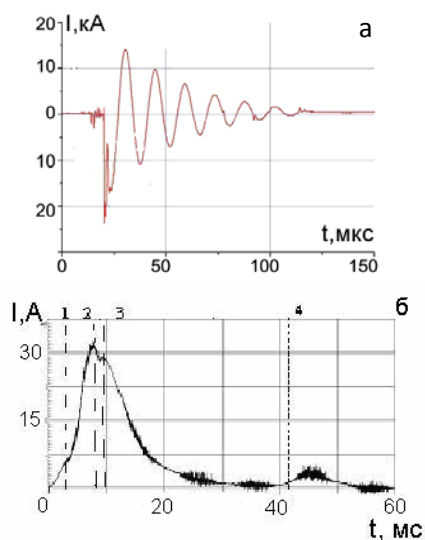


Рис. 3. Осциллограмма тока при искровом разряде в воде (а): $U = 24$ кВ; $C = 2$ мкФ; $I_{\max} \sim 22$ кА; $L \sim 500$ нГн; концентрация солей – $0,05$ г/л. Осциллограмма тока через обмотку электромагнита пневмоизлучателя (б)

Основным параметром для сравнения источников была интенсивность и длительность акустических сигналов, возникающих после импульсов. Измерение акустических сигналов в отличие от [1] осуществлялось с помощью пьезокерамического датчика, закрепленного на диэлектрическом волноводе снаружи (рис. 4). Данный способ расположения датчика привел к изменению формы акустического сигнала в сравнении с [1], что обусловлено нахождением датчика в другой среде и способом его фиксации. В данном случае регистрировались акустические колебания камеры.

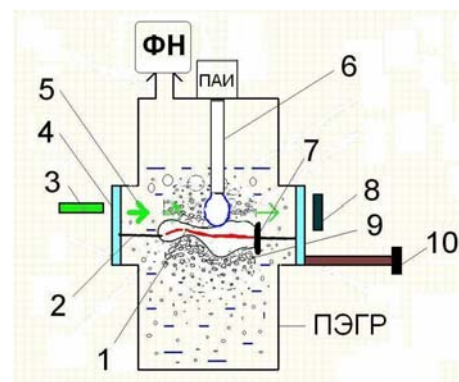


Рис. 4. Расположение систем оптической и акустической диагностики в пневмоэлектрогидравлическом реакторе: 1 – канал разряда с ПП; 2 – высоковольтный электрод; 3 – лазер с $\lambda = 532$ нм; 4 – оргстекло; 5 – интенсивности падающего и рассеянного света; 6 – ствол ПАИ с газовым пузырем; 7 – земляной электрод; 8 – фотодиод ФД 24К; 9 – газовые пузырьки-зародыши; 10 – диэлектрический волновод с пьезокерамическим датчиком; ФН – форвакуумный насос

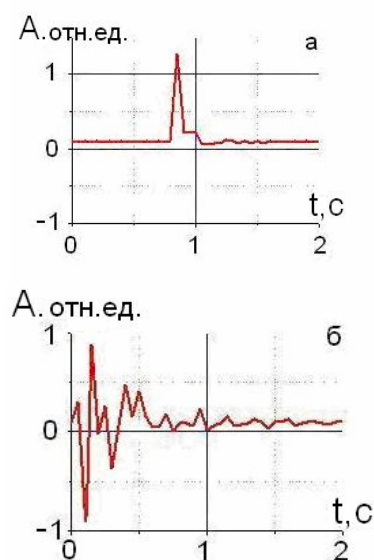


Рис. 5. Акустические сигналы от электрогидравлического разряда в жидкости при 100 (а) и 10 кПа (б)

Так, в случае разряда в жидкости при 100 кПа (рис. 5,а) длительность акустического сигнала составляет $\tau \sim 200$ мс, амплитуда сигнала $A_{\max} = 0,55$ отн. ед., количество колебаний $n = 1$, все сигналы однополярные, что может быть связано с числом пульсаций парогазовой полости и газового пузыря, а также определяться чувствительностью датчика. В случае разряда в жидкости при 10 кПа (см. рис. 5,б) $\tau \sim 1500$ мс, $J_{\max} = 0,8$ В, $n = 5 \dots 8$.

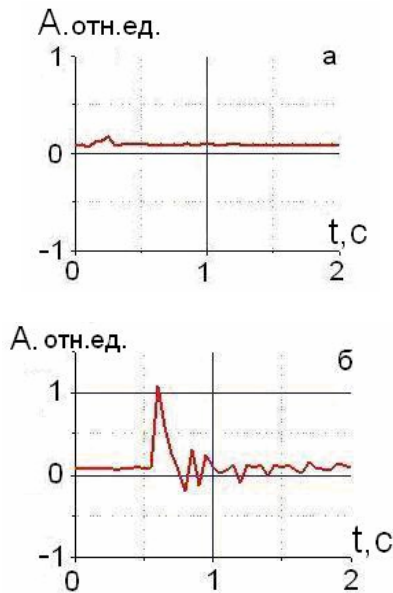


Рис. 6. Акустические сигналы от пневмоакустического импульса в жидкости при 100 (а) и 10 кПа (б)

В случае импульса от ПАИ в жидкости при 100 кПа (рис. 6,а) длительность акустического сигнала составляет $\tau \sim 180$ мс, амплитуда сигнала $J_{\max} = 0,15$ В, количество колебаний $n = 1$, все сигналы также однополярные. В случае импульса в жидкости при 10 кПа (см. рис. 6,б) $\tau \sim 600$ мс, $J_{\max} = 0,5$ В, $n = 2 \dots 4$. Таким образом, импульсы, производимые при пониженном давлении, являются более мощными, что можно связать с уменьшением гидростатического давления, которое приводит к увеличению объемов как ППП, так и газового пузыря. Вторым объяснением увеличения КПД импульса может быть зависимость температуры кипения жидкости от давления. Так, уменьшение давления позволяет уменьшить температуру кипения жидкости, что, в свою очередь, приводит к увеличению скорости формирования искрового разряда.

Дополнительным параметром, по которому сравниваются излучатели, является изменение прозрачности жидкости, определяемое интенсивностью сигнала от лазера, после воздействия акустических импульсов.

Изменение прозрачности жидкости во времени обусловлено преимущественно процессами поглощения и рассеяния света, описываемыми законами Бугера (1) и Релея (2):

$$I = I_0 \cdot \exp(-k_\lambda l), \quad (1)$$

где I_0 – интенсивность входящего пучка; I – толщина слоя вещества, через которое проходит свет; k_λ – показатель поглощения (не путать с безразмерным показателем поглощения, который связан с k_λ формулой $k_\lambda = 4\pi k/\lambda$, где λ – длина волны).

$$I_p = I_0 \cdot 24\pi^3 \cdot \left(\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2 \cdot n_0^2} \right)^2 \cdot \frac{C \cdot V^2}{\lambda^4}, \quad (2)$$

где I_p – интенсивность рассеянного света; I_0 – интенсивность падающего света; n_1 и n_0 – показатели преломления частицы и среды, в которой взвешены

частицы; C – концентрация рассеивающих центров; V – их объем; λ – длина волны падающего света.

Если линейные размеры частиц меньше $d \leq \lambda/15$, то рассеяние подчиняется формуле Релея. При размерах частиц $d \geq \lambda/15$ принято говорить о рассеянии Ми. В нашем случае регистрируются пузырьки-зародыши размером от $\lambda/15$ и более.

Схема диагностики прозрачности жидкости и интенсивности акустического сигнала приведена на рис. 4.

Эксперименты по определению прозрачности жидкости позволили сделать оценку времени жизни парогазовой полости, газового пузыря и газовых пузырьков.

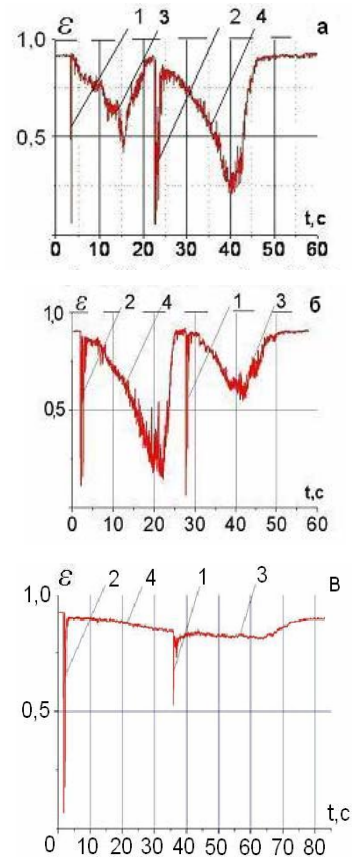


Рис. 7. Характерные кривые изменения прозрачности жидкости при давлении 10 кПа: 1, 2 – время жизни парогазовой полости и газового пузыря; 3, 4 – кривые прозрачности, возникающие после импульсов от ЭГИ и ПАИ соответственно

На рис. 7,б,в показано, что время жизни ППП создаваемой ЭГИ меньше времени жизни инжектируемого газового пузыря. Дальнейшие процессы, связанные с ростом пырьков-зародышей и приводящие к изменению прозрачности жидкости, не зависят существенным образом от порядка следования импульсов, однако видно, что миллисекундные импульсы ПАИ оказывают большее влияние на прозрачность жидкости, несмотря на свою меньшую мощность. Уровень прозрачности жидкости меньше вследствие большего количества пузырьков-зародышей после импульсов от пневмоакустического источника (см. рис.7, кривая 4). В течение последующих инъекций газа в жидкость и разрядов прозрачность в ней постепенно восстанавливается.

Для наблюдения за поведением ППП, газового пузыря и дальнейшими процессами после акустических импульсов и выявления в них отличий при пониженном и нормальном давлениях проведено скоростное фотографирование.

Съемка осуществлялась цифровой фотокамерой Casio Exilim EX-FH100 Black, располагавшейся напротив области разряда, снаружи камеры. Скорость съемки в режиме видео составляла 420 кадр./с.

На рис. 8 показана покадровая съемка электрогидравлического разряда в жидкости при атмосферных условиях.

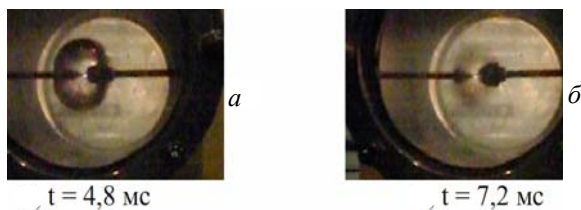


Рис. 8. Покадровая съемка искрового разряда в воде при давлении 100 кПа

Как видно, в данном случае ППП формируется и достигает своего максимума за время 4,8 мс. Диаметр ППП в момент наибольшего расширения приблизительно 40 мм. После чего полость начинает сжиматься и, больше не совершая пульсаций, исчезает. Полное время жизни составляет до 10 мс. После исчезновения ППП газовые пузырьки в жидкости не образуются.

На рис. 9,а-з показана покадровая съемка электрогидравлического разряда в жидкости при пониженном давлении 10 кПа.

На кадре а показан момент пробоя МЭП. Диаметр видимой на данном кадре парогазовой оболочки составляет около 40 мм. На кадре б показан момент одного из этапов формирования кавитационной полости, содержащей продукты разряда и расширяющейся в направлении от центра разряда. Кадры б, в характеризуют рост кавитационной полости, диаметр ППП в момент наибольшего расширения $d \sim 100$ мм. Затем давление внутри кавитационной полости падает, и, когда гидростатическое давление снаружи превышает внутреннее, полость начинает сжиматься (кадры г, д). Границы полости разрушаются (е). Число регистрируемых пульсаций, состоящих из расширения и сжатия, составляют 2, 3. Кадр ж соответствует моменту удара пульсирующей ППП о стенку камеры и ее разрушению. Кадр з характеризует стадию роста и всплывания газовых пузырьков, зародившихся во время предыдущих стадий процесса.

ЭГ-разряд в жидкости при пониженном давлении характеризуется несколькими циклами расширения-сжатия кавитационной полости. Сама полость может также перемещаться в жидкости со скоростью приблизительно 2 м/с в направлениях, зависящих, вероятно, от структуры и расположения неровностей в виде выемок и углублений на поверхности полусферического катода (см. рис. 9,д,е). Общее время жизни первой пульсации составляет 26 мс. Расширение ~ 8 мс и сжатие ~ 18 мс. Вторая пульсация по времени: фаза расширения составляет

~ 16 мс, сжатия ~ 22 мс. Весь процесс до восстановления полной прозрачности жидкости составляет ~ 20 с, что соответствует сигналам на фотодиоде (см. рис. 7,б,в кривые 3).

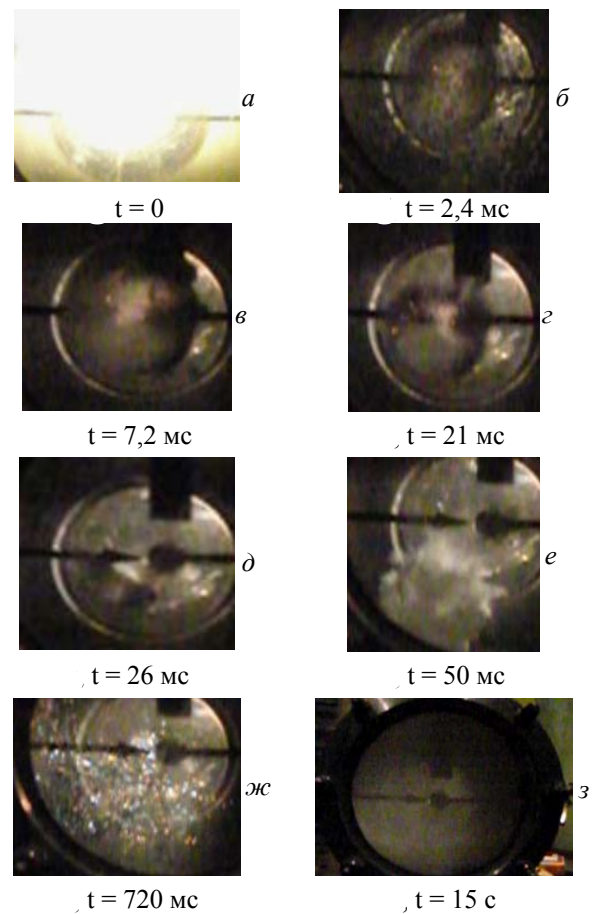


Рис. 9. Покадровая съемка электрогидравлического разряда при пониженном давлении

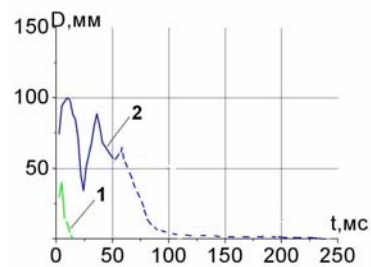


Рис. 10. Изменения размеров ППП во времени при давлениях: 1 – 100; 2 – 10 кПа

Из анализа кривых 1, 2 (рис. 10), сделанных на основе скоростного фотографирования, видно, что размеры, время жизни, количество пульсаций ППП зависят от давления над поверхностью жидкости. Так, при пониженном давлении ППП оказывается больше по размерам и времени жизни. Во время фазы расширения, относящейся к третьей пульсации, ППП сталкивается со стенкой ПЭГР и начинает распадаться на более мелкие пузыри, которые продолжают существовать еще в течение ~ 600 мс.

На рис. 11 показана покадровая съемка пневмоакустического импульса в жидкости при давлении 100 кПа.

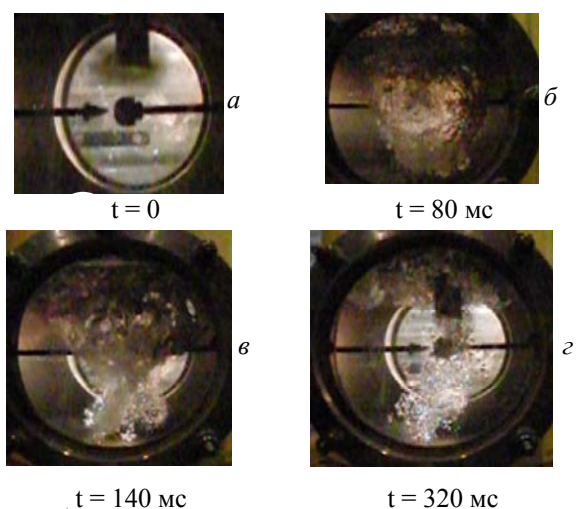


Рис. 11. Покадровая съемка пневмоимпульса в воде при давлении 100 кПа

Как видно, в данном случае газовый пузырь формируется и достигает своего максимума за время 80 мс. Наибольший размер в диаметре газового пузыря эллипсоидальной формы ~ 200 мм. После достижения своего максимума пузырь начинает разрушаться. Время восстановления первоначального состояния жидкости ~ 500 мс. После исчезновения газового пузыря в жидкости не образуются маленькие газовые пузырьки. Как видно из рис. 7,а, время нарастания акустического сигнала составляет около 100 мс. Длительность сигнала ~ 250 мс. Процессы, зарегистрированные на видео и длящиеся в течение оставшегося времени, по всей видимости, по своей интенсивности не превышают порога чувствительности датчика и, таким образом, не регистрируются (см. рис. 7,а).

Применение пониженного давления над поверхностью жидкости приводит к увеличению времени жизни и размеров газовых пузырей (рис. 12).

На первом кадре показано состояние среды в момент импульсного введения воздуха объемом 0,2 л под давлением 3 атм в камеру реактора, заполненную 20 л жидкости. Среда еще не возмущена, в ней не наблюдаются газовые пузыри. На кадре б показан момент выхода сжатого воздуха из сопла пневмоизлучателя. Кадры в, г описывают процесс роста газового пузыря в объеме камеры. Максимальный диаметр пузыря составляет ориентировочно 300 мм, что соответствует объему 4,2 л. Затем начинается процесс распада пузыря (кадр д). Общее время жизни пузыря составляет $\sim 3,5$ с. После того, как введенный воздух удалился из реактора системой вакуумной откачки, наступает этап формирования газовых пузырьков малого размера (их коагуляция) в более крупные пузыри и всплытие. Процесс зарождения и жизни данных образований описывается кадрами е-з. Время жизни данного многофазного состояния в среднем составляет около 25...30 с. Затем оптическая прозрачность среды восстанавливается до исходного уровня.

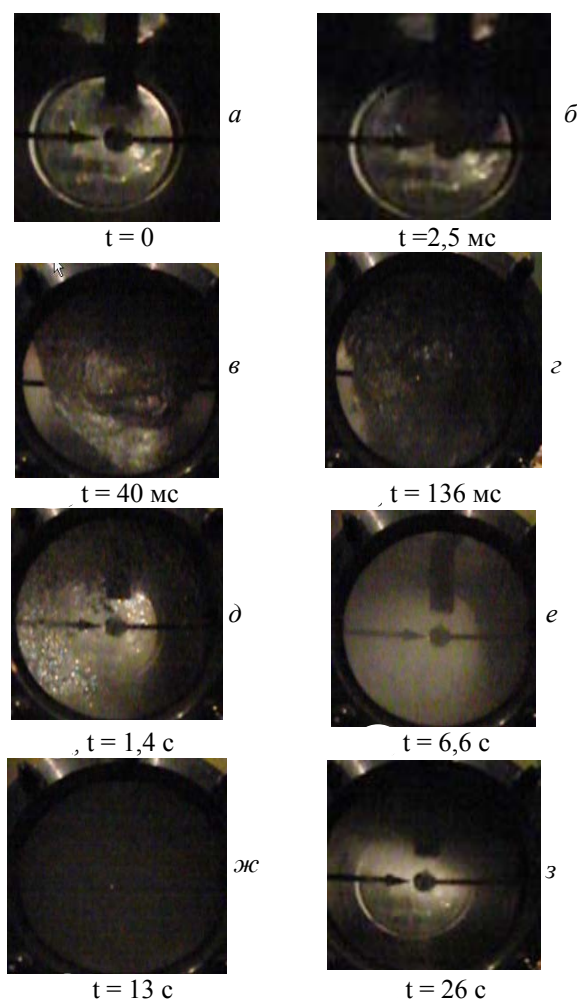


Рис. 12. Покадровая съемка импульса пневматического излучателя при пониженном давлении 10 кПа в жидкости

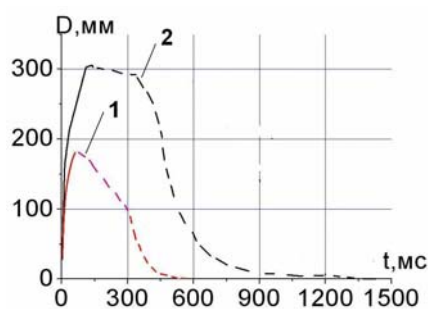


Рис. 13. Изменения размеров газового пузыря во времени при давлении: 1 – 100; 2 – 10 кПа

Как видно из кривых рис. 13, поведение газового пузыря имеет отличия для рассматриваемых величин давления. Газовый пузырь оказывается больше по размерам и дольше существует во времени при пониженном давлении. Помимо этого, при 10 кПа газовый пузырь после достижения своего максимума еще в течение ~ 150 мс существенно не уменьшается. Затем начинается уменьшение и распад на более мелкие составляющие. При нормальном давлении существует выраженный момент времени, отделяющий две стадии жизни газового пузыря.

Процесс пневмоимпульсного воздействия на жидкость можно также охарактеризовать двустадийностью существования газового пузыря, а именно, наличием фазы его расширения и разрушения.

На рис. 14 совмещены процессы роста и разрушения ПГП и газового пузыря. Видно, что размеры и времена существования газового пузыря превышают аналогичные показатели ПГП. В то же время ПГП достигает своих максимальных размеров за более короткие времена и характеризуется несколькими циклами расширения-сжатия.

Основные характеристики рассмотренных в работе акустических импульсов приведены в таблице.

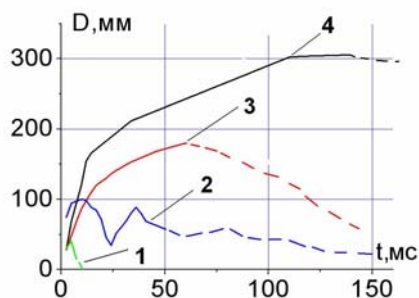


Рис. 14. Изменения размеров ПГП и газового пузыря во времени при давлении:

- 1 – ПГП при 100 кПа; 2 – ПГП при 10 кПа;
3 – изменение газового пузыря при 100 кПа;
4 – изменение газового пузыря при 10 кПа

Источник	$d_{\text{макс}}$ ПГП, ГП, мм	$J_{\text{макс}}$, В	$V_{\text{ср}}$, м/с	$\tau_{\text{ак}}$, мс	N
ЭГ, 100 кПа	~40	0,55	~8	200	1
ЭГ, 10 кПа	~100	0,8	~12	1500	6...9
ПИ, 100 кПа	~160	0,15	~8	180	1
ПИ, 10 кПа	~300	0,5	~14	600	2...4

Здесь рассмотрены характеристики акустических сигналов от электрогидравлического и пневматического источников для двух значений давлений. Представлены следующие величины: $d_{\text{макс}}$ – максимальный диаметр ПГП и газового пузыря; $J_{\text{макс}}$ – максимальная амплитуда акустического сигнала; $V_{\text{ср}}$ – скорость расширения ПГП и газового пузыря; $\tau_{\text{ак}}$ – длительность акустического сигнала; N – количество колебаний на акустической кривой.

ВЫВОДЫ

Проведен более детальный анализ электрогидравлического и пневмоакустического источников в сравнении с работой [1]. Сравнение велось по длительности и амплитуде акустических сигналов, прозрачности жидкости. Оценена мощность импульсов, проведено скоростное фотографирование. Установлено, что для ЭГИ при понижении давления над поверхностью жидкости амплитуда акустических сигналов повышается на 45%, тогда как для ПАИ – на 300%. Это может быть связано с большими размерами газового пузыря. Длительность акустических сигналов увеличивается в 7,5 раза для ЭГИ и в 3,5 раза для ПАИ. Скорости роста ПГП и газового пузыря возрастают в среднем на 30% для обоих ти-

пов излучателей. Время существования ПГП при пониженном давлении возрастало в 10...12 раз, для газового пузыря время жизни выросло в 3 раза. Размер ПГП вырос в 2,5 раза, а газового пузыря – в 2. Различия в величинах могут определяться погрешностью измерений, которая в нашем случае может достигать 40%. Практическое сравнение источников проводилось для ряда технологических процессов. Так, при обработке песчаных суспензий, в результате наличия турбулентных потоков в жидкости, лучшего эффекта по очистке удалось добиться с применением ПАИ. Для дробления материалов, в частности резины, в среде жидкого азота предпочтительным является ЭГИ вследствие больших величин давления в области контакта с материалом. Процессы, связанные с дегазацией жидкостей, сопоставимы по времени для обоих типов излучателей, что может быть обусловлено сопоставимыми по времени и амплитуде акустическими сигналами при пониженном давлении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.Б. Юферов, Д.В. Винников, А.Н. Пономарев, И.В. Буравиллов, Е.В. Муфель. Сравнительный анализ акустических импульсов от излучателей милли- и микросекундного диапазонов // *Вестник НТУ «ХПИ»: Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Техника и электрофизика высоких напряжений»*. Харьков, 2009, №11, с. 185-189.
2. В.Б. Юферов, А.Н. Озеров, Д.В. Винников, И.В. Буравиллов, А.Н. Пономарев. Электроимпульсное измельчение эластичных материалов в среде жидкого азота // *Вестник НТУ «ХПИ»: Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Техника и электрофизика высоких напряжений»*. Харьков, 2012, №52, с. 202-208.
3. В.Б. Юферов, Д.В. Винников, И.В. Буравиллов, Е.В. Муфель, А.Ю. Пахомов, В.В. Гарбуз, К.И. Живанков, А.Н. Пономарев. Электрогидравлический метод обезгаживания вакуумируемых жидкостей // *Вестник НТУ «ХПИ»: Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Техника и электрофизика высоких напряжений»*. 2011, №16, с. 211-217.
4. И.В. Буравиллов, Д.В. Винников, В.Б. Юферов, Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, А.Н. Пономарев, А.Н. Озеров, Е.В. Муфель, Г.В. Писарев. Уменьшение размеров кристаллического зерна в слитках в вакуумно-дуговых печах с импульсным воздействием // *Вестник НТУ «ХПИ»: Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Техника и электрофизика высоких напряжений»*. 2009, №39, с. 32-40.
5. В.Б. Юферов, Д.В. Винников, И.В. Буравиллов, А.Н. Пономарев, Е.В. Муфель, Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, А.Ю. Пахомов, В.В. Гарбуз, К.И. Живанков. Об изменении размеров кристаллических зерен металлов в процессе плавки под влиянием электрогидравлических импульсов // *Вестник НТУ «ХПИ»: Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Техника и электрофизика высоких напряжений»*. 2011, №16, с. 202-206.
6. В.Б. Юферов, А.Н. Пономарев, А.Н. Озеров, И.В. Буравиллов, Д.В. Винников. Пневмоимпульсная

технология дегазации жидкостей // *Вестник НТУ «ХПИ»: Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Техника и электрофизика высоких напряжений»*. 2011, №16, с. 206-211.

7. В.Б. Юферов, А.Н. Озеров, Ю.В. Холод и др. Пневматический импульсный излучатель с электромагнитным приводом // *Вестник НТУ «ХПИ»: Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Проблемы совершенствования электрических машин и аппаратов»*. Харьков, 2007, №24, с. 104-110.

8. Е.В. Кривицкий. *Динамика электровзрыва в жидкости*. Киев: «Наукова думка», 1986, 205 с.

9. К.А. Наугольных, Н.А. Рой. *Электрические разряды в воде (гидродинамическое описание)*. М.: «Наука», 1971, 190 с.

10. Б.Н. Кондриков, А.И. Вовченко, В.Э. Анников, В.В. Иванов. *Взрывные превращения электрической и химической энергии*. Киев: «Наукова думка», 1987, 128 с.

11. В.С. Тесленко, А.И. Жуков, В.В. Митрофанов, А.П. Дрожжин. Генерация и фокусировка ударно-акустических волн в жидкости многоочаговым электрическим разрядом // *ЖТФ*. 1999, т. 69, в. 4, с. 138-140.

12. Л.А. Юткин. *Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности*. Л.: «Машиностроение», 1986, 253 с.

Статья поступила в редакцию 20.09.2013 г.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО І ПНЕВМОАКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАЧІВ ДЛЯ ДЕЯКИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Д.В. Вінніков, О.М. Озеров, В.Б. Юферов, О.М. Пономарьов, І.В. Буравілов

Проведено порівняння електрогидравлічного і пневмоакустичного випромінювачів за тривалістю та інтенсивністю акустичних сигналів, зміною прозорості рідини, що залежить від процесів зародження, росту і часу існування пухирців водогазосольових зародків при тиску 100 і 10 кПа. Встановлена залежність часу життя, розмірів і форми парогазової порожнини і газового мішура від тиску над поверхнею рідини.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTROHYDROLIC AND PNEUMOACOUSTIC SOURCES FOR SOME TECHNOLOGICAL PROCESSES

D.V. Vinnikov, A.N. Ozerov, V.B. Yufarov, A.N. Ponomaryov, I.V. Buravilov

The electrohydraulic and pneumoacoustic sources have been compared with regard to the duration and intensity of acoustic signals, change in the liquid transparency, which depends on the nucleation and growth processes and lifetime of the bubbles of water-gas-salt nuclei at pressures of 100 and 10 kPa. The dependence of lifetime, size and shape of a steam-gas cavity and gas bubble on pressure above the liquid surface has been established.