

12. Коул Р. Подводные взрывы. М.: Изд-во иностр. лит., 1950. 494 с.

13. Юрченко Е.С., Половинко В.Д., Барбашова Г.А. Влияние параметров импульса давления на снижение остаточных напряжений // Материалы VI Междунар. науч. школы–семинара (22–26 августа, 2005). Николаев: КП “Миколаївська обласна друкарня”. 2005. С. 30–31.

Поступила 11.10.06

### Summary

Evaluation of the cyclic recurrence electric power input influence on such hydrodynamic characteristics of the plasma channel as its radius, expansion velocity and specific pressure force pulse has been carried out for oscillating modes of the underwater spark discharge. Recommendations have been formulated on the methodology of numerical determination of hydrodynamic characteristics for electric hydro pulsed technological facilities, utilizing power of electric discharge in oscillating modes.

А.Р. Ризун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк

## ИНИЦИИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДА ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИМИ СОСТАВАМИ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ПРОЧНЫХ ДОННЫХ ГРУНТОВ

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,  
пр. Октябрьский, 43-А, г. Николаев, 54018, Украина*

Разработка новых эффективных, экологически безопасных методов и технологий для разрушения плотных и прочных донных грунтов и скальных пород береговой зоны при гидротехническом строительстве и реконструкции морских и речных портов, терминалов, жилищных и береговых сооружений является чрезвычайно актуальной проблемой.

Существующие традиционные механические методы не удовлетворяют всем требованиям и потребностям эксплуатации и применения. Они характеризуются довольно сложными операциями постановок плавсредств над участками, где необходимо выполнять работы, ограничением рабочих глубин и невысокой производительностью при разработке грунтов повышенной прочности. Для грунтов высокой прочности (более 20 МПа) механические способы вообще неприемлемы.

Подводный взрыв при выполнении дноуглубительных работ – способ более экономичный, однако он имеет ограничения, например вблизи гидротехнических и береговых сооружений, в местах прокладки кабелей, трубопроводов, при невозможности в радиусе безопасности прекращать проход судов. Во время взрывов могут пострадать не только береговые портовые и припортовые сооружения, причалы, проходящие суда, технический флот строителей, но возможно массовое уничтожение рыбы.

Как показали исследования [1], электроразрядный способ разрушения прочных грунтов и скальных пород позволит существенно уменьшить затраты на строительство и реконструкцию морских и речных портов, разного рода гидротехнических и жилищных сооружений береговой зоны.

Однако его масштабное применение и эксплуатация могут быть обеспечены при условии повышения производительности процесса до 3–5 м<sup>3</sup>/ч для грунтов прочностью более 30 МПа и при наличии мобильного малогабаритного электроразрядного комплекса, адаптированного к работе в морских условиях. Достижение таких показателей производительности возможно при условии повышения в 3–5 раз запасаемой энергии электроразряда. Исследованиями по расширению возможностей электроразряда установлено, что за счет использования экзотермических составов (ЭС) его энергию можно увеличить в несколько раз, а также уменьшить массогабаритные характеристики электротехнических систем.

Цель работы – повысить эффективность электроразрядного разрушения прочных грунтов при применении экзотермических составов.

Идея исследований заключается в использовании комплексного воздействия электроразряда и экзотермических составов на процесс разрушения прочных донных грунтов.

Электроразряд (ЭР) обладает рядом преимуществ по сравнению со взрывами взрывчатых веществ (ВВ), а именно: отсутствие выбросов, значительно меньшие скорости ударных волн, возможность использования ЭР в непосредственной близости к промышленным строениям, жилым комплексам и другим объектам.

Однако по объему разрушений и производительности ЭР уступает взрывам ВВ. Для повышения интенсивности и силового воздействия электроразряда на процессы разрушения были разработаны системы подачи алюминийсодержащих экзотермических составов (ЭС) в межэлектродный промежуток электроразрядных установок [2]. В качестве ЭС используются вещества, способные к экзотермическому превращению. Такой средой может быть жидкая смесь окислителя и горючего. Экзотермическая смесь должна легко воспламениться под действием искрового разряда и выделять при сгорании возможно большее количество энергии. Такая активная среда не должна детонировать при воздействии силовых ударных волн и обладать способностью к горению при атмосферном давлении. Как показали исследования [3], наиболее подходящей рабочей средой для электроразряда является смесь с 40% содержанием горючего и 60% окислителя. При разработке такой разрядной среды в первую очередь обращалось внимание на безопасность работ и степень активности смеси. Первые промышленные испытания определили трехкратное увеличение энергии электроразряда в комплексе с ЭС по сравнению с разрядами, инициируемыми проводником в оптимальном режиме. Как показали дальнейшие исследования, при разрушении железобетонных изделий большими энергиями разряда (в пределах 100 кДж) на электроразрядных установках «Базальт» использование ЭС позволило в значительной степени уменьшить габариты установки и повысить эффективность ее работы. Экспериментально установлено, что энергоемкость разработанных ЭС составляет от 5 до 8 кДж/г в зависимости от процентного содержания алюминия.

Реологические, физиологические и химические свойства ЭС могут быть изменены в зависимости от тех или иных требований технологических процессов, а также с учетом параметров электрогидравлических установок (ЭГУ). Их свойства характеризуются как пожаро- и взрывобезопасные, так и легко зажигаемые под действием электроразряда. Эти качества ЭС позволяют использовать их для инициирования разрядов на установках, работающих в условиях действующих производств, повысить мобильность установок за счет снижения массогабаритных размеров, значительно увеличить эффективность работы ЭГУ.

Поскольку при разрушении донных прочных грунтов в акваториях морских и речных портов электроразряды происходят в шпурах (закрытых и постоянных объемах,  $V=\text{const}$ ), то можно предположить получение суммарной энергии от электроразряда и сгорания ЭС. Используемые ЭС значительно усиливают эффект разрушения за счет повышения амплитуды давления в парогазовой полости, повышения частоты ее пульсации. Как и при электровзрыве, энергию продуктов реакции можно проверить по формуле

$$E = \frac{PV}{\gamma - 1}, \quad (1)$$

где  $E$  – энергия продуктов реакции;  $P$  – давление;  $V$  – объем;  $\gamma$  – показатель адиабаты = 1,26.

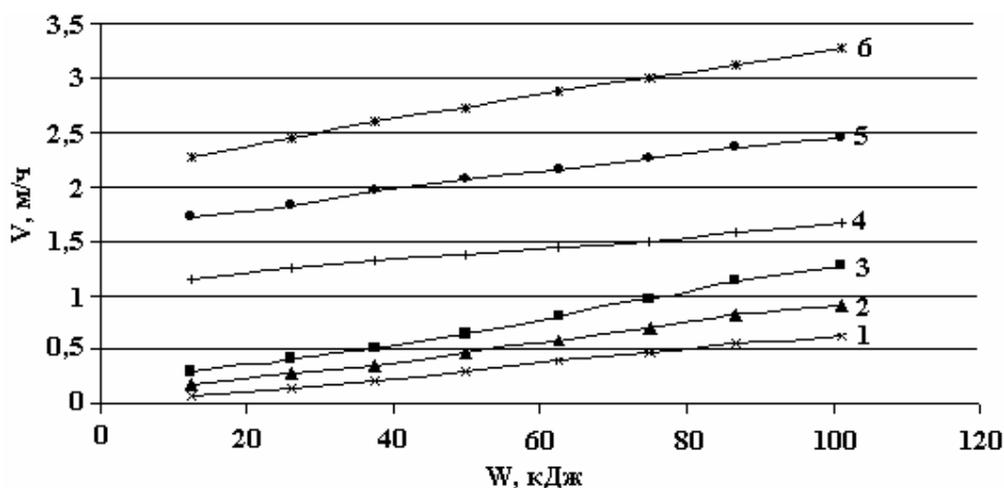
Однако в реальных условиях, по мере выделения электрической, а затем химической энергии, расчет всех показателей усложняется. Требуется прежде всего выбор уравнения состояния для расчета термодинамических параметров высоковольтного электрохимического взрыва (ВЭХВ). При расширении газовой полости при ВЭХВ будут меняться параметры и зависимость (1) примет более сложную форму.

Определение энергетических параметров ВЭХВ можно произвести по конечному результату объемов разрушений и давлений при комплексном разрушении ВЭХВ прочного грунта с  $\sigma_{\text{сж}}=30, 40$  и  $60$  МПа и при электроразрядном разрушении в чистом виде для тех же объектов. Результаты объемов зон разрушений могут быть использованы для решения обратных задач по установлению параметров ВЭХВ, исключив более сложные и громоздкие расчеты с учетом давлений, внутренней энергии, энтропии, режима выделения химической энергии в канале разряда и др.

В таблице представлены результаты экспериментально полученной зависимости объемов зон разрушения донных прочных грунтов от суммарной энергии ВЭХВ при использовании 30 граммов ЭС и зон разрушения донных грунтов с той же прочностью при чистом электроразряде. Параметры разрядного контура не изменялись.

№ п/п	W, кДж	V, м <sup>3</sup> /ч (без ЭС)			V, м <sup>3</sup> /ч (30 г ЭС)		
		30 МПа	40 МПа	60 МПа	30 МПа	40 МПа	60 МПа
1	12,5	0,14	0,12	0,07	2,28	1,72	1,16
2	25,0	0,25	0,19	0,12	2,44	1,80	1,20
3	37,5	0,39	0,30	0,25	2,60	1,96	1,32
4	50,0	0,50	0,47	0,30	2,72	2,0	1,38
5	62,5	0,64	0,59	0,40	2,88	2,12	1,44
6	75,0	0,90	0,70	0,47	3,0	2,20	1,48
7	87,5	1,0	0,82	0,55	3,08	2,36	1,52
8	100,0	1,27	0,92	0,62	3,28	2,44	1,60

На рисунке показана диаграмма изменений объемов зон разрушений в зависимости от энергий электроразряда и ЭХВ.



Объем разрушения донных прочных грунтов с прочностью  $\sigma_{сж}$ , МПа: 1 – 30, 2 – 40, 3 – 60 (без ЭС); 4 – 30, 5 – 40, 6 – 60 (с ЭС)

Установленная зависимость объемов зон разрушений от энергий ВЭХВ позволит произвести оценку производительности оборудования и целесообразности его использования на объектах с прочностью грунтов от 30 до 60 МПа.

Результаты экспериментальных исследований прошли проверку при проведении дноуглубительных работ в акватории Севастопольского морского порта. На их основе разрабатываются технология и специальное оборудование. Внедрение технологии позволит решить проблему проведения дноуглубительных работ или разрушения прибрежных массивов вблизи строений и коммуникационных устройств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анников В.Э., Вовченко А.И., Иванов В.В., Тарутин В.П. Активная рабочая среда для электрогидроимпульсных установок // Физико-технические аспекты электровзрывного преобразования энергии. Киев: Наукова думка, 1990. С. 20–30.
2. Вовченко А.И., Посохов А.А., Поздеев В.А. Электрохимические характеристики высоковольтного электрохимического взрыва // Физико-технические аспекты электровзрывного преобразования энергии. Киев: Наукова думка, 1990. С. 30–42.
3. Вовченко А.И., Посохов А.А. Управляемые электровзрывные процессы. Киев: Наукова думка, 1992. 167 с.
4. Наугольных К. А., Рой Н.А. Электрические разряды в воде. М.: Наука, 1971. 155 с.

Поступила 11.10.06

#### Summary

The results of efficiency rise of sputter-ion breakdown of firm solid are represented with the help of active discharge medium on the base of exothermal composition. The dependency of capacity of breakdown areas from energy of high-voltage electrochemical explosion is determined.