

УДК 532.528.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ КАВИТАЦИИ



EXPERIMENTAL STUDIES OF CAVITATION GENERATORS

Омельянюк М.В.

кандидат технических наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Горовенко Л.А.

кандидат технических наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Ровенская О.П.

кандидат ветеринарных наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Алексян Г.О.

кандидат педагогических наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Аннотация. Кавитация, сопровождаемая многочисленными вторичными эффектами, является мощным интенсифицирующим фактором процессов диспергирования, эмульгирования, гомогенизации, очистки от отложений и др. Наиболее простым способом реализации кавитационной технологии является проектирование истечения через насадки специальной формы, размера и материала в затопленное пространство. Для управления этим процессом, и оптимальным подбором параметров авторами было выполнено всестороннее исследование этих процессов. В том числе влияние кавитации на эрозионную стойкость материала из которого изготавливаются насадки – генераторы кавитации.

Ключевые слова: генератор кавитации, насадок, декольматация, диспергирование, солеотложения, очистка забоев, компановка.

Omelyanyuk M.V.

Candidate of Technical Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Gorovenko L.A.

Candidate of Technical Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Rovenskaya O.P.

Candidate of veterinary Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Aleksanyan G.O.

Candidate of pedagogical Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Annotation. Cavitation, accompanied by numerous secondary effects, is a powerful intensifying factor in the processes of dispersion, emulsification, homogenization, purification from deposits, etc. The simplest way to implement the cavitation technology is to design the flow through the nozzles of a special shape, size and material into the flooded space. To control this process, and the optimal selection of parameters, the authors carried out a comprehensive study of these processes. Including the effect of cavitation on the erosion resistance of the material from which the cavitation generator nozzles are made.

Keywords: cavitation generator, nozzle, decolmatization, dispersion, salt deposition, face cleaning, line-up.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Кубанского научного фонда и ООО «Аквабурстрой»
в рамках научного проекта № МФИ-П-20.1/8».*

В насадках погружных гидродинамических установок для декольматации призабойной части пласта и интервала перфорации, для селективной обработки продуктивных пластов комбинированным физико-химическим воздействием при эффективном генерировании колебаний возникает значительная кавитационная эрозия [1]. Генераторы кавитации, конструктивно оптимальные с точки зрения отсутствия эрозии, не всегда обеспечивают требуемое генерирование колебаний, поэтому генераторы необходимо изготавливать из материалов, стойких к эрозии.

Согласно [2], легированные коррозионностойкие стали характеризуются высокой кавитационной стойкостью. Наибольшей стойкостью среди исследованных [3] сталей в пресной воде обладает сталь 30X10Г10. При воздействии кавитационной струей солевого раствора (морская вода) наибольшей стойкостью обладают стали с повышенным содержанием хрома – 10X14Г12М и 10X14АГ10 [3]. Исследования показали, что отдельно взятые химический состав металлов, их макротвердость или микротвердость структурных составляющих и микроструктура однозначно не определяют кавитационную износостойкость. Сопrotивляемость сплавов к кавитационной эрозии зависит от сочетания множества факторов. В реальных условиях играет существенную роль и коррозионный фактор.

Для получения данных о стойкости к кавитационному воздействию ряда сплавов проведены в «Лаборатории гидродинамика струйных истечений» Армавирского механико-технологического института ФГБОУ ВО «КубГТУ» экспериментальные исследования в условиях струйного гидродинамического кавитационного воздействия. Применялся метод обнаружения и фиксирования разрушений на поверхности материала образцов.

До и после эксперимента металлические образцы высушивались и взвешивались на аналитических весах, определялась величина потери массы материала. Затем с учетом плотности определялась объемная эрозия, так как первоочередное влияние на работоспособность генератора кавитации имеет изменение геометрии потока, а не унос массы. В качестве рабочей жидкости для проведения исследований использовалась водопроводная вода, которая подавалась в камеру экспериментальной установки от высоконапорного трехплунжерного насоса, позволяющего развивать давление рабочей жидкости до 63,0 МПа.

Образцы представляли собой пластины с наружным диаметром $D=40\text{мм}$; $\delta=3\text{мм}$.

Исследовались следующие металлы и сплавы – бронза БрАЖ9-4, сталь 40X13 в состоянии поставки и с упрочняющей термообработкой до твердости HRC 50..55, сталь 30X10Г10, титановые сплавы BT1-0 и BT3. Коррозионностойкие стали с повышенным содержанием хрома (к примеру, X23Ю5Т), рекомендуемые для работы в агрессивных средах, исследованию не подвергались, поскольку их использование при изготовлении насадок с диаметрами проточной части 0,6–1,0 мм затруднительно.

Условия проведения экспериментальных исследований: рабочее давление на входе в насадок $P_{\text{раб}} = \text{const} = 20 \text{ МПа}$, противодействие $P_{\text{кам}} = \text{const} = 0,6 \text{ МПа}$, температура воды $t = \text{const} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, диаметр проходного сечения гидродинамического генератора кавитации $d_0 = 1 \text{ мм}$, расстояние между срезом генератора кавитации и испытываемым образцом 15 мм. Конструктивные параметры экспериментального струйного генератора гидродинамической кавитации – угол входного конусного участка $\alpha_1 = 12^\circ$, его длина $l_1 = 25 \text{ мм}$; угол выходного конусного участка – $\alpha_2 = 50^\circ$, $l_2 = 5 \text{ мм}$; диаметр цилиндрического участка $d_0 = 1 \text{ мм}$; длина цилиндрического участка составляла $2d_0$.

Результаты исследований представлены на рисунке 1.

Экспериментальные исследования подтвердили высокую стойкость стали 30X10Г10 к гидродинамическому кавитационному эрозионному воздействию. Достоинством применения сплава БрАЖ9-4 является высокая технологичность обработки и низкая себестоимость; недостатком – низкая стойкость к кавитационному эрозионному воздействию. Данный сплав целесообразно применять для снижения стоимостных показателей при изготовлении гидродинамических насадков, используемых для работы на пресной воде, не содержащей абразивных частиц и ионов солей, при незначительных противодействиях. На рисунке 2 представлены генераторы кавитации, предназначенные для обработок водозаборных скважин.

Сталь 40X13, применяемая в настоящее время отечественной промышленностью при изготовлении сопел и насадков, характеризуется сравнительно низкими результатами сопротивляемости кавитационной эрозии. Перспективно использование при изготовлении гидродинамических генераторов кавитации титановых сплавов. Проведенные в 2018–2021 гг. промысловые исследования гидродинамических генераторов кавитации, изготовленных из титановых сплавов, показали, что их наработка на отказ при восстановлении дебитов водозаборных скважин составляет от 1000 до 3000 часов при рабочем давлении 50,0 МПа.

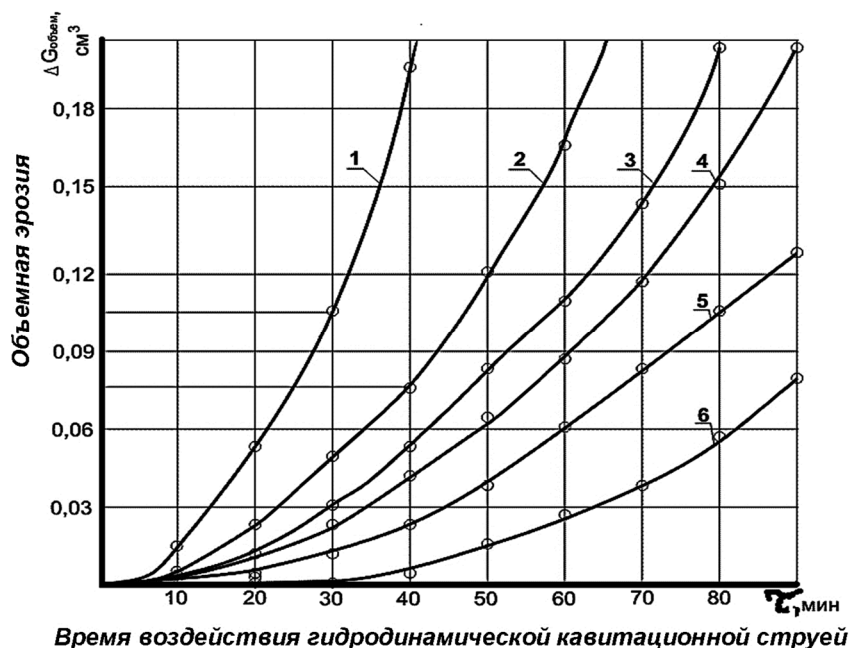


Рисунок 2 – Зависимость объемной эрозии металлов от времени воздействия кавитационной струей:
 1 – БрАЖ9-4; 2 – 40X13 (200 НВ); 3 – 40X13 (50..55 HRC);
 4 – BT1-0; 5 – BT3-1; 6 – 30X10Г10



Рисунок 2 – Эрозия генераторов кавитации, $d_0 = 2,2$ мм: слева – новый, 2 и 3 – после 3 и 5 часов работы в водозаборной скважине ($\Delta P = 26$ МПа, $P_{кам} = 2,0 \div 3,5$ МПа)

Литература

1. Омелянюк М.В. Повышение эффективности кавитационной реанимации скважин / М.В. Омелянюк // Нефтепромысловое дело. – 2008. – № 5. – С. 35–41.
2. Богачев И.Н. Повышение кавитационно-эрозионной стойкости деталей машин / И.Н. Богачев, Р.И. Минц. – М. : Машиностроение, 1984. – 144 с.
3. Цветков Ю.Н. Кавитационное изнашивание металлов и оборудования. – СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2003. – 155 с.

References

1. Omelyanyuk M.V. Improving the efficiency of cavitation resuscitation of wells / M.V. Omelyanyuk // Oil production business. – 2008. – № 5. – P. 35–41.
2. Bogachev I.N. Increasing the cavitation-erosion resistance of machine parts / I.N. Bogachev, R.I. Mints. – M. : Engineering, 1984. – 144 p.
3. Tsvetkov Yu.N. Cavitation wear of metals and equipment. – SPb. : Publishing House SPbGPU, 2003. – 155 p.