



УДК 532.528

Н.П. Мельников, к.ф.-м.н. НИРФИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского
603950, г. Нижний Новгород, ул. Большая Печерская, 25/12а

Б.И. Резников, к.ф.-м.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАВИТАЦИОННЫХ ПОРОГОВ МОРСКОЙ ВОДЫ В ЭСТУАРИИ РЕКИ МЕКОНГ

Ключевые слова: кавитационная прочность морской воды, кавитационный порог.

Приводится пространственная изменчивость кавитационных порогов морской воды в эстуарии реки Меконг, измеренных в 1-ом рейсе НИС «Академик Александр Несмеянов».

В современной литературе кавитацией принято называть сложный комплекс разнообразных физико-химических явлений, сопровождающих нелинейные пульсации пузырьков, возникающих в жидкости из микро неоднородностей, называемых «зародышами кавитации», под действием переменных полей давления. По характеру действующих на жидкость сил кавитацию условно подразделяют на гидродинамическую и акустическую. Акустическая кавитация возникает при возбуждении в жидкости достаточно интенсивных акустических полей. Гидродинамическая кавитация возникает при уменьшении давления в жидкости в гидродинамических полях обтекаемых тел. Основное отличие акустической кавитации от гидродинамической состоит в том, что в первом случае объем жидкости подвергается периодическому воздействию переменного давления в течение длительного интервала времени. Однако, процессы, протекающие при гидродинамической и акустической кавитации, обусловлены одними и теми же физическими законами. В связи с этим в некоторых случаях акустическая кавитация может служить для моделирования явлений гидродинамической кавитации.

Акустическая кавитация возникает в жидкости под действием акустического поля при превышении его амплитуды некоторой критической величины, которая называется порогом акустической кавитации. Основным фактором, определяющим величину кавитационных порогов (КП) является присутствие в жидкости зародышей кавитации в виде парогазовых пузырьков и твердых частиц [1]. Возникновение кавитации состоит в развитии этих зародышей и превращение их в кавитационные полости (каверны, пузырьки) в переменных полях давления. Другим фактором являются процессы, определяющие динамику превращения зародышей кавитации в кавитационные полости. При проведении измерений кавитационных порогов морской воды в различных районах Мирового океана неизбежно возникает вопрос об идентичности проведенных измерений, т.е. о единой методике проведения экспериментальных исследований. Здесь важен критерий возникновения кавитации и необходима экспериментальная установка, позволяющая реализовать единую методику измерений. Критерии возникновения кавитации достаточно подробно обсуждены в работах [2]. Основным источником информации о процессах, происходящих при воздействии на жидкость переменных полей

давления, является акустический шум, излучаемый пузырьками, которые пульсируют под действием этих переменных полей давления. Известно, что спектр шума акустической кавитации в общем случае представляет собой набор дискретных составляющих на фоне широкополосного шума. Динамика пузырьков, находящихся под действием периодического акустического поля носит резонансный характер. Проведенные исследования показали, что 1) для резонансов любого порядка характерно некоторое пороговое значение амплитуды внешнего поля, ниже которого он не возбуждается 2) при вынужденных пульсациях пузырька кавитационный шум представляет собой импульсный процесс с периодом, кратным периоду возбуждающего поля. 3) при воздействии на пузырек акустического поля, частота которого ниже основной резонансной частоты пузырька, резонансного возбуждения пузырька не происходит; при достижении амплитуды внешнего поля некоторой критической величины наблюдается потеря статической устойчивости; 4) в зависимости от амплитуды внешнего поля в спектре шума пузырька, пульсирующего в области гармонических и ультрагармонических резонансов, могут появляться и исчезать субгармонические компоненты. В качестве критерия возникновения кавитации выбран скачкообразный рост уровня высших гармонических составляющих спектра выше третьей в случае потери динамической устойчивости кавитационных пузырьков [2]. Исходя из такого подхода к проблеме величины КП морской воды была разработана и изготовлена установка для измерения величины кавитационных порогов морской воды в натуральных условиях, блок-схема которой приведена на рис.1. На блок схеме можно выделить три основных канала: I- канал излучения, II – канал приема и измерения, III – канал автоматики. В канале излучения формируется непрерывный сигнал U_k , ступенчато нарастающий во времени по линейному закону. С выхода мощного усилителя сигнал U_k поступает на цилиндрический фокусирующий преобразователь, возбуждающий кавитацию в морской воде. На блок-схеме канала излучения обозначено: 1- задающий генератор (частота заполнения); 2- генератор периода следования импульсов; 3- генератор длительности импульса; 4 – реле времени задержки; 5 – модулятор; 6 – индикатор номера ступеньки (импульса); 7 – усилитель мощности; 8 – акустической концентратор. Кавитационный шум с гидрофона поступает на канал II – канал приема и измерения, в котором выделяется кавитационный шум, точнее его составляющая, лежащая выше третьей гармоники возбуждающей частоты; измеряется амплитуда звукового давления и вырабатывается сигнал возникновения кавитации. На рис.2 цифрами обозначено: 9 – гидрофон; 10 – форусилитель; 11 – усилитель с автоматическим делителем; 12 – вольтметр; 13- регистрирующее устройство; 14 – усилитель с дискретным АРУ; 15 – фильтр режекторный; 16 – фильтр высоких частот; 20 – осциллограф. Канал автоматики при возникновении кавитации отключает канал излучения, прекращая рост амплитуды возбуждающего поля в фокальном пятне концентратора, включает регистрирующее устройство, фиксирующее величину порогового давления, приводит всю схему в исходное состояние и запускает реле времени задержки между отдельными измерениями. В состав канала автоматики входят: 17 – схема управления; 18 – генератор опорного сигнала; 19 – схема управления. Такая экспериментальная установка позволяет: уменьшить ошибки, вносимые непостоянством скорости нарастания амплитуды давления в фокальном пятне концентратора;- обеспечить единство методики измерения величины кавитационного порога; - обеспечить постоянную относительную ошибку измерения величины кавитационного порога; - максимально сократить время измерения и свести к минимуму воздействие измерительной системы на величину кавитационного порога.

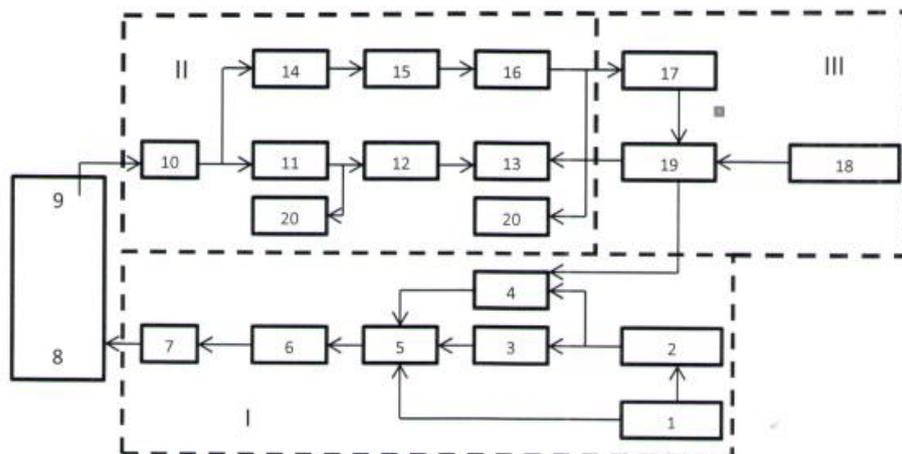


Рис. 1. Блок-схема установки для измерения кавитационных порогов морской воды

Методика измерения КП следующая: в дрейфе на станциях на глубине 10 м делалось 10 измерений КП, эти измерения усреднялись и усредненное значение принималось за кавитационный порог; в районе устья реки Меконг было выполнено 27 станций.

Результаты измерений приведены на рис. 2. На рис. 2а приведено пространственное распределение КП в этом районе. Цифры около точек означают величину КП на данной станции в условных единицах, а линии представляют собой изолинии КП. Расположение максимальных и минимальных значений КП не носит явно выраженного закономерного характера. Видны языки максимальных и минимальных величин КП. Изменчивость величины КП в данном районе складывается из изменчивости, обусловленной приливными явлениями, или временной изменчивостью, и из пространственной изменчивости, обусловленной сложным характером выноса речных вод. Был проведен спектральный анализ временной реализации КП, выделены низкочастотная и высокочастотные составляющие. Очевидно, что низкочастотная составляющая (~24 ч) есть временная, связанная с приливом, изменчивость КП. Изолинии КП в условных единицах без учета низкочастотной составляющей приведены на рис.2б. Здесь явно видны русла пониженных значений КП, расположенные напротив выноса речных вод, показанных на этом рисунке стрелками, а районы повышенных КП расположены напротив мысов. Следует отметить, что в районах выноса речных вод (рис.2а, реализации КП, выделены низкочастотная и высокочастотные составляющие. Очевидно, что низкочастотная составляющая (~24 ч) есть временная, связанная с приливом, изменчивость КП. Изолинии КП в условных единицах без учета низкочастотной составляющей приведены на рис.2б. Здесь явно видны русла пониженных значений КП, расположенные напротив выноса речных вод, показанных на этом рисунке стрелками, а районы повышенных КП расположены напротив мысов. Следует отметить, что в районах выноса речных вод (рис.2а, участки

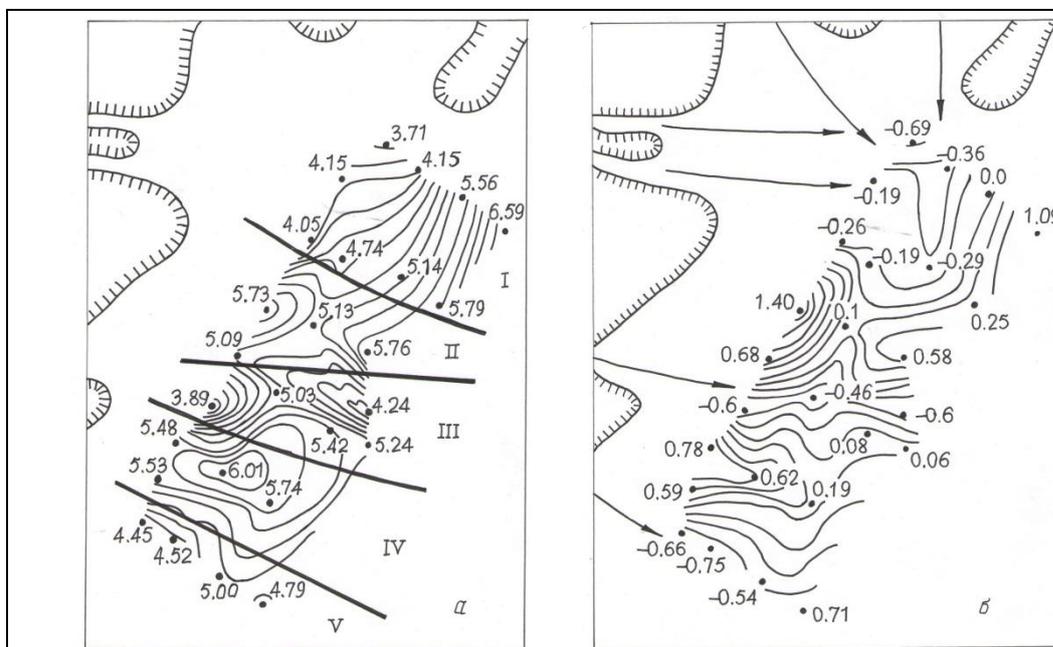


Рис. 2, а- изолинии КП, б – изолинии КП после вычета низкочастотной составляющей временного спектра.

I, III, V) резко увеличивается изменчивость КП, в отличие от участков (II, IV), не имеющих стока, и русла пониженных значений КП лежат на руслах выноса речных вод. Вычитая низкочастотную составляющую значений КП, т.е. исключая временную компоненту и оставляя пространственную, мы, по существу, исключаем влияние прилива с суточным периодом на величину КП, т.е. как бы синхронизируем измерение КП в различных точках.

Проведенные исследования показывают, что пространственная изменчивость КП морской воды носит весьма сложный характер и связана, по видимому, с наличием общего суточного ритма физических, химических и биологических процессов, в частности, с приливными явлениями и суточной миграцией планктона.

Список литературы

- [1] Акуличев В.А., Ильичев В.И. Пороги акустической кавитации в морской воде в различных районах мирового океана // Акустический журнал, 2005, т.51, №2, с.167-179
 [2] Pyichev V.I., Koretz V.L. and Melnikov N.P. Spectral characteristics of acoustic cavitation // Ultrasonics. 1989. Vol. 27. P. 357-361.

THE VARIABILITY OF CAVITATION THRESHOLDS OF SEA WATER IN THE ESTUARY OF THE MEKONG RIVER

Key words: cavitation resistance of sea water, the cavitation threshold.

Given the spatial variability of cavitation thresholds of sea water in the estuary of the Mekong river, measured in the 1-St cruise of RV "Akademik Aleksandr Nesmeyanov".