МЕЗОМАСШТАБНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАВИТАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Мельников Н.П.

*Научно-исследовательский радиофизический институт ННГУ им.
Н.И. Лобачевского, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Большая Печерская, 25/12а,
тел. 8-920-077-43-52, e-mail: melnikov50@mail.ru*

The paper discusses the relationship between the tensile strength of an undisturbed liquid and the cavitation strength of the liquid. The differences in the distribution of the sea water cavitation strength in two typical types of areas of the world ocean: global latitudinal sections and mesoscale areas are discussed. Examples of the distribution of the value of the cavitation strength of sea water in dynamically active and dynamically calm areas of the world ocean are given.

Любая жидкость имеет значительно меньшую прочность на разрыв в сравнении с прочностью её межмолекулярных связей [1]. Такое свойство жидкостей связано с присутствием в ней неких «слабых мест», обычно называемых «зародышами кавитации».

Теоретические исследования и данные лабораторных измерений показывают [2], что прочность реальных жидкостей изменяется в широких пределах в зависимости от физических свойств и состояния среды. При этом прочность является статистической величиной, что обусловлено случайным характером распределения зародышей в жидкости по размерам и по пространству. В силу естественной неоднородности и нестационарности параметров состояния и различия физико-химических и биологических характеристик морской воды в различных районах Мирового океана, прочность морской воды характеризуется значительной пространственно-временной изменчивостью [3].

В связи с тем, что известные лабораторные способы, применяемые при исследовании прочности, перенести в натурные условия очень сложно используется методика, основанная на измерениях не самой прочности, а порога кавитации, который служит мерой, так называемой, кавитационной прочности жидкости, характеризующий момент появления неустойчивых кавитационных полостей.

Измерения порогов всегда основаны на регистрации параметра какого-либо явления, специфического для кавитации и возникающего

вместе с ней. Такая методика обладает естественным недостатком, обусловленным различием между прочностью жидкости как физической характеристики невозмущенной среды, подлежащей исследованию, и кавитационной прочностью, которая характеризуется совокупностью среда – измерительная система.

Под порогом акустической кавитации в работе принята амплитуда звукового давления в момент возникновения кавитации.

Все измерения кавитационных порогов производились по единой методике. Методика измерений кавитационной прочности воды, а также экспериментальная установка для её измерений в различных районах Мирового океана подробно описана в работе [4]. В соответствии с программой экспедиции научно-исследовательское судно двигалось по заданному маршруту. После остановки судна на станции с борта опускалась измерительная установка, состоящая из акустического концентратора цилиндрической формы и контрольного гидрофона. Измерения кавитационных порогов проводились на различных частотах (5, 10 и 15 кГц) и глубинах (от 2 до 100 м). Исходя из того, что кавитационная прочность жидкости является статистической величиной, которая, распределена по нормальному закону, в каждой точке измерений на каждой глубине проводилось не менее 10 измерений кавитационных порогов. При этом установлено, что коэффициент вариации порога акустической кавитации, как правило, не превышает 5%. Из-за вертикальной качки судна объем воды внутри акустического концентратора полностью обновлялся, поэтому результаты измерений можно считать полностью независимыми.

Анализ экспериментальных данных показал, что существуют глубокие различия статистических связей величины кавитационных порогов с параметрами морской воды для различных районов Мирового океана. Можно выделить два типа районов. Первый – это широтные разрезы, где идет пересечение различных водных масс, когда измерения проводятся от высоких широт до тропиков, и второй – это компактные районы измерений (полигоны или суточные станции). В этой работе приведены данные измерений полученные в 14 рейсе НИС «Академик Александр Виноградов» весной 1989 г. Первый район представляет собой Субарктическую фронтальную зону Тихого океана. Второй район – это меридианальный разрез в районе 16°с.ш. На рис. 1 приведены изолинии величины кавитационной прочности морской воды в относительных единицах (слева А, В, С; справа С) и изолинии суммы CO_2 ммоль/л. (справа А, В, D и слева D). На рисунке слева и справа А и В вертикальная ось – это глубина в метрах; на рисунке А слева и

Рис. 1 Изолинии величины кавитационной прочности морской воды P_{mk} , и суммы CO_2 .

справа горизонтальная ось – это широта, а на рисунке В справа и слева горизонтальная ось – это долгота. На рисунке С и D справа и слева вертикальная ось – это широта, а горизонтальная ось – это долгота. На рисунке С и D справа приведены измерения на глубине 5 м, а слева на глубине 70 м.

На широтном разрезе А и на меридианальном разрезе В распределения величин кавитационной прочности и суммы CO_2 морской воды носят существенно различный характер. В динамическом активном районе А происходят значительные изменения величин, как кавитационных порогов, так и суммы CO_2 на очень малом расстоянии порядка 0.5° . Во втором районе распределение этих величин по пространству не так велики и происходят на значительно больших расстояниях порядка 7 градусов. И только в интервале около $126\text{--}128^\circ\text{в.д.}$ происходят существенные изменения этих величин на коротких расстояниях.

На рисунках С и D представлены пространственные распределения величин кавитационных порогов и суммы CO_2 в межфронтальной зоне. Это распределение носит сложный ячеистый характер. Распределения величин на горизонтах 5 и 70 м существенно отличаются друг от друга. Некоторые инверсии значительно смещаются в пространстве, а некоторые просто исчезают.

Из этих фактов можно сделать вывод, что в динамически активных районах Мирового океана значительные изменения характеристик морской воды приводят к существенным изменениям величины кавитационной прочности, и, наоборот, в спокойных районах не происходит существенных изменений, как традиционных характеристик морской воды так и ее кавитационной прочности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коренфельд М. Упругость и прочность жидкостей. ГИТТЛ, 1951. 109 с.
2. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хеммит Ф. Кавитация. М.: Мир, 1974. 699 с.
3. Мельников Н.П., Елистратов В.П. Временная изменчивость кавитационных порогов морской воды // Учен. зап. физ. фак-та Моск. ун-та. 2014. № 6. 146340 (1–7).
4. Ильичев В.И., Елистратов В.П., Корец В.Л., Мельников Н.П. Широтная изменчивость кавитационной прочности морской воды // ДАН. 1992. Т. 324. № 5. С. 1108–1110.