

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЯВЛЕНИЙ КАВИТАЦИИ

Ремизович Ю.В., Абдулаева О.В.

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
(СибАДИ), Омск, Россия*

Ключевые слова: кавитация, эрозия, масло, фреон, нагрев, пузырь, схлопывание.

Аннотация. Объектом исследований является кавитационная область в воде и ее воздействие на твердую поверхность, предметом исследований послужило явление кооперации пузырьков на заключительной стадии сжатия и возможность его использования для снижения эрозионного эффекта кавитации. Обосновано предположение, что схлопывание газового пузыря обусловлено нарушением связей, обеспечивающих его устойчивость. Предложен стенд, позволяющий наблюдать зарождение, развитие и схлопывание газового пузыря при нагреве двухслойной композиции "минеральное масло – фреон 113".

VISUALIZATION OF CAVITATION EVENTS

Remizovich Yu.V., Abdulaeva O.V.

Siberian state automobile and highway university (SibADI), Omsk, Russia

Keywords: cavitation, erosion, oil, freon, heating, bubble, collapse.

Abstract. The object of research is the cavitation region in water and its effect on a solid surface, the subject of research was the phenomenon of bubble cooperation at the final stage of compression and the possibility of its use to reduce the erosive effect of cavitation. The assumption is substantiated that the collapse of the gas bubble is caused by a violation of the bonds that ensure its stability. A stand is proposed that allows to observe the origin, development and collapse of a gas bubble when heating a two-layer composition "mineral oil – freon 113".

Под кавитацией понимают образование в скоростном (>20 м/с) потоке жидкости (вода, рабочие жидкости гидросистем и т.д.) большого количества пузырьков. Жидкость «закипает» при температуре, не соответствующей точке кипения данной жидкости [1, 2].

Появлению кавитации способствует неправильное профилирование внутренних каналов течения (наличие уступов, острых кромок и др.).

Кавитация возникает и в жидкости, находящейся в открытом объеме. Это кавитация на кромках лопастей скоростных судовых винтов из-за их несовершенного профиля.

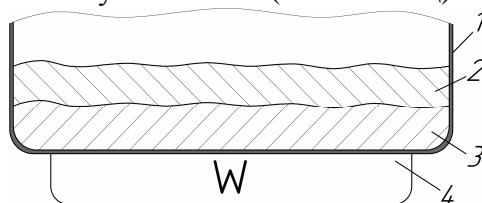
Кавитация сопровождается звуковыми явлениями (шум) и вибрация. Это побочные явления способствуют износу каналов и кромок винтов (эрозия). Но главное, происходит нарушение режимов регулирования с искажением параметров гидросистем (например, распределители, клапаны и др.). Уменьшается тяга винтов с существенным снижением скорости судна (надводные корабли, подводные лодки) [3].

Были выполнены многочисленные теоретические и экспериментальные исследования с целью установления природы физических процессов и явлений, а также условий, способствующих возникновению кавитации.

Понимание сущности кавитации является предпосылкой по разработке мероприятий по ее устранению. Исследователей смущал тот факт, что незначительные по размерам (менее 1 мм) газовые пузырьки приводят к таким, иногда катастрофическим, последствиям. Исследователи установили, что не факт наличия пузырьков вызывает эрозию, разрушение деталей трубопроводных систем и корабельных винтов, изготовленных из сверхпрочных материалов, а уменьшение размеров пузырьков с их исчезновением («схлопыванием»). Что процесс схлопывания сопровождается гидродинамическими процессами с возникновением больших ударных напряжений в жидкости. Отмечено возникновение кумулятивных струй. Звуковые волны, сопровождающие кавитацию, имели непонятно значительную силу и интенсивность и, кроме того, низкую частоту колебаний (менее 10 Гц).

Наглядно можно увидеть и наблюдать явление кавитации с зарождением и развитием газового пузыря на стенде, схема которого изображена на рисунке 1.

Стенд содержит тонкостенный цилиндрический сосуд 1 с



вертикальными стенками. В сосуд помещены два слоя жидкостей: 2 – минеральное масло; 3 – фреон 113. Имеется источник 4 тепла. Каждый слой упомянутых жидкостей имеет толщину примерно 10 мм.

После включения источника тепла через 2...3 минуты можно наблюдать образование отдельных пузырьков. Следует отметить, что желательнее иметь источник тепла с большей плотностью теплового потока ближе к стенкам сосуда. Дальнейший нагрев приводит к слиянию пузырьков с образованием устойчивого, так сказать, "пузыря", чему способствует упомянутое распределение теплового потока. Через 5...7 минут можно наблюдать колыхание пузыря, что говорит о его неустойчивости. Вслед за этим пузырь исчезает («схлопывается») с встряхиванием стенда (удар). Сила звука при этом будет не более сильного хлопка в ладони.

Эти незначительные эффекты (удар и звук) не заслуживали бы упоминания, если бы не ощущения, возникающие в человеческом организме. Появляется чувство тоски, уныния. Не более, чем через 10 минут это психологическое состояние исчезает.

Пузырь заполнен парами фреона, и в какой-то момент термодинамическое равновесие на границе раздела сред "масло-фреон" нарушается, давление в пузыре мгновенно исчезает и периферические слои фреона с большой скоростью устремляются навстречу друг к другу, что и обуславливает эффект удара. Понятно, что решающее значение имеет скорость движения упомянутых слоев фреона. Сместем предположить, что скорость эта во много раз превосходит скорость звука для этих сред. Не это ли обстоятельство вызывает низкую частоту колебания звука (менее 10 Гц)? Низкочастотные колебания звука (инфразвук) при кавитации давно

установлены экспериментально, как и негативное воздействие их на человека.

Фреон-113 – прозрачная жидкость с плотностью 1,5 кг/л и температурой кипения 470С.

Масло марки "Индустриальное-20". Взамен масла можно было бы использовать воду, но из-за коэффициента поверхностного натяжения вода расслаивается с образованием отдельных сгустков.

Альпинисты неоднократно наблюдали оседание сугробов снега на склонах, прогреваемых солнцем, что сопровождалось воздействием на психику.

Охотники отмечали, что сугроб на лесных полянах также может внезапно осесть и вызвать неприятные ощущения.

В обоих случаях поверхность сугроба покрыта ледяной коркой (наст), а по кромке подтаивает снег под лучами солнца.

Оба эти примера приведены для обоснования предположения, что схлопывание газового пузыря и оседание сугроба обусловлено нарушением связей, обеспечивающих их устойчивость.

Оснащение стенда датчиками температуры, давления, скоростная видеосъемка позволят уточнить количественную модель кавитационных явлений с более осмысленным устранением их последствий.

Список литературы

1. Кавитация. Новая Российская энциклопедия: в 12 томах. – М.: Изд-во Энциклопедия: Инфра-М, 2010. – Т. VII, кн. 1. – С. 446-447.
2. Зубрилов С.П. Физико-химические свойства воды и прикладные аспекты гидродинамической кавитации. – СПб.: СПГУВК, 2010. – 120 с.
3. Зубрилов С.П., Растрыгин Н.В. Исследование процесса кавитации и возможности снижения эрозионного износа // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2019. – Т. 11, № 4. – С. 705-717.

References

1. Cavitation. New Russian Encyclopedia: in 12 volumes. – М.: Encyclopedia Publ. House; Infra-M, 2010. – Vol. VII, book 1. – P. 446-447.
2. Zubrilov S.P. Physico-chemical properties of water and applied aspects of hydrodynamic cavitation. – SPb.: SPSUVK, 2010. – 120 p.
3. Zubrilov S.P., Rastrygin N.V. Investigation of the cavitation process and the possibility of reducing erosive wear // Bulletin of the Admiral S.O. Makarov State University of Marine and River Fleet. 2019, vol. 11, no. 4, pp. 705-717.

Ремизович Юрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент	Remizovich Yury Vladimirovich – candidate of technical sciences, associate professor
Абдулаева Ольга Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Строительная, подъемно-транспортная и нефтегазовая техника»	Abdulaeva Olga Vladimirovna – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of construction, lifting and transportation and oil and gas engineering
abdulaeva_ov@mail.ru	

Received 31.10.2024