

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ГЕНЕРИРОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КАВИТАЦИОННОГО ШУМА

Курлюк Е.А., студент группы 211802

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Дежкунов Н.В. – канд. техн. наук
Савилова Ю.И. – канд. физ.-мат. наук

Аннотация. Показано, что асинхронность пульсаций кавитационных пузырьков в разных точках ультразвукового поля может быть одним из механизмов генерирования непрерывной составляющей в спектре кавитационного шума. Вклад этого фактора растет с ростом степени аperiodичности генерируемых пузырьками возмущений и не связан однозначно с интенсивностью ударных волн, генерируемых при захлопывании пузырьков.

Кавитационный шум (КШ) представляет собой сложный акустический сигнал, генерируемый пузырьками в кавитационной области [1].

Считается, что механизм генерирования непрерывной составляющей (НСКШ) в спектре КШ связан с захлопыванием кавитационных полостей, т.е. с нестационарной кавитацией. Эта гипотеза обоснована тем, что при захлопывании пузырька генерируется ударная волна, которую в первом приближении можно аппроксимировать дельта-функцией. А спектр дельта-функции, как известно, непрерывный. Исходя из таких представлений, непрерывная составляющая КШ широко используется для оценки активности нестационарной кавитации [2].

В данной работе анализ механизма генерирования НСКШ выполнен путем моделирования возможных искажений (возмущений) исходного синусоидального ультразвукового поля, вносимых кавитационными полостями. Использовался следующий алгоритм. В докавитационном режиме давление в звуковом поле считается изменяющимся по синусоидальному закону. При возникновении кавитации на исходный синусоидальный сигнал накладываются акустические возмущения. Вид результирующего возмущения выбирается исходя из известных закономерностей динамики отдельных пузырьков и кавитационной области в целом. Сформированный таким способом сигнал в цифровом представлении подвергается спектральному анализу методом Фурье-преобразования.

В качестве первого приближения рассмотрен случай единичного пузырька в сферически симметричном фокусированном ультразвуковом поле. Этот случай реализуется в экспериментах с однопузырьковой сонолюминесценцией (ОПСЛ) [3]. В такой системе быстрое сжатие пузырька (захлопывание) происходит в конце первой половины или в начале второй половины полупериода сжатия ультразвуковой волны. Показано, что спектр такого сигнала включает основную частоту F_0 и гармоники nF_0 , где $n = 2, 3, 4, \dots$, F_0 – частота ультразвукового поля, генерирующего кавитацию.

В многопузырьковой кавитационной области суммарный акустический сигнал в любой заданной достаточно малой области поля (точке), где находится датчик, формируется из возмущений, генерируемых не только близлежащими пузырьками, но также и находящимися на значительном удалении. Импульсы от удаленных пузырьков в данную точку будут приходить с некоторой задержкой во времени по отношению к моменту захлопывания. Кавитационная область, как известно [1] включает пузырьки разных размеров и распределение по размерам может меняться от периода к периоду. Учитывая изложенное, логично предположить, что результирующее акустическое возмущение, генерируемое многопузырьковой кавитационной областью в заданной точке поля не может быть строго периодическим. Такое возмущение в данной работе моделировали в виде последовательных импульсов, интенсивность и фаза которых варьировалась случайным образом в некотором заданном диапазоне величин. Спектр результирующего сигнала включает основную частоту и непрерывную составляющую НСКШ. При этом интенсивность НСКШ растет с ростом аperiodичности акустических импульсов.

Получено также и экспериментальное подтверждение вывода о неоднозначной связи НСКШ с захлопыванием кавитационных полостей и генерируемыми при этом ударными волнами, а именно: показано, что в режиме пересыщения кавитационной области пузырьками наблюдается отрицательная корреляция НСКШ и активности кавитации,

Список использованных источников:

4. Сиротюк, М. Г. Акустическая кавитация / М. Г. Сиротюк. М.: Наука, 2008.
5. Cavitation [Электронный ресурс] // Исследования, технологии, приборы, оборудование. Режим доступа: <https://cavitation.bsuir.by/ru/kavitometr>. Дата доступа: 11.02.2024.
6. A high-temperature acoustic field measurement and analysis system for determining cavitation intensity / P. Xu N., [et al.] // Ultrasonics Ultrasonics Sonochemistry, 2023.— P. 106343.