

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ШУМОИЗЛУЧЕНИЯ ПЕРЕМЕЩАЮЩЕГОСЯ НЕОДНОРОДНОГО СЛУЧАЙНОГО ПОЛЯ ВОЗМУЩЕНИЙ

Шейнман Е.Л.

ФГУП «ЦНИИ «Морфизприбор»,

Россия, 197376, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., д.46,

Тел.: (812) 235-9287; Факс: (812) 320-8052, E-mail: mfp@mail.wplus.net

This work presents mathematical description of summarized signal generated by moving random field of elementary disturbance sources taking into consideration distributions of disturbances over four-dimensional space existing in physical fields.

Предложено математическое описание шумоизлучения движущегося случайного поля возмущений, создаваемых, например, вращающимся и равномерно и прямолинейно перемещающимся кавитирующим винтом и его следом.

Шумоизлучение $N(X, Y, Z, T)$, создаваемое пульсациями гидродинамического давления или кавитационным излучением, и принятое гидроакустической системой, находящейся в момент времени T в точке с координатами X, Y, Z , представляется в виде суммы элементарных возмущений

$$N(X, Y, Z, T) = \sum_{i \in V} n_i(x_i, y_i, z_i, t_i, X, Y, Z, T, \omega),$$

где n_i – элементарное возмущение i источника; V – рассматриваемый объем пространства; x_i, y_i, z_i, t_i – случайные координаты четырехмерного пространства. При этом каждое i возмущение соответствует существованию в объеме V некоторого i элементарного источника шумового процесса, находящегося в некоторой случайной координате четырехмерного пространства, причем случайной является и сама форма возмущений, определённая на борелевском поле ω множеств.

Из-за сложности определения вероятностных характеристик шума, создаваемого четырехмерным (пространство - время) случайным полем, обычно рассматривают одномерный случай, т.е. шумоизлучение случайного поля рассматривается как случайный процесс [1-4], создаваемый в некоторой локальной области, что не позволяет учесть распределение элементарных возмущений по области. При рассмотрении же многомерного случайного поля [5]

обычно ставится задача определения спектрального разложения по сечению случайного поля для винеровских процессов.

В настоящей работе рассматриваются корреляционная функция и спектр суммарного сигнала, создаваемого случайным полем источников элементарных возмущений, с учетом существующих в физических полях распределений возмущений по четырехмерному пространству.

Суммарный сигнал случайного поля шумоизлучения в момент времени наблюдения T в координате X, Y, Z , ищется как многомерный стохастический интеграл по случайным пуассоновским мерам [6].

Исходя из такого представления, были получены выражения для корреляционной функции и спектра сигнала, создаваемого движущейся областью возмущений в виде интегралов по Лебеговым мерам.

В качестве примера случайного поля, описываемого таким способом, было рассмотрено кавитационное шумоизлучение, создаваемое гребным винтом корабля и следом винта.

Разработанная математическая модель случайного поля возмущений позволила получить спектр сигнала кавитирующего винта корабля и его следа, с учетом распределения пузырьков по поверхности лопасти, и исследовать влияние нестационарности и направленности шумоизлучения в режиме кавитации на такие параметры, как звук вращения винта.

Аналогично, с помощью предлагаемой модели можно рассмотреть шумоизлучение поля турбулентных пульсаций гидродинамического давления.

Литература

1. Пудовкин А.А. Об излучении шума кавитационной областью гребного винта. Акустический журнал. –Т. XXII, вып.2. 1976, с.271-277.
2. Морозов В.П. Кавитационный шум как последовательность акустических импульсов. Акустический журнал. –Т. XIV, вып.3. 1968, с.427-435.
3. Левковский Ю.Л. Структура кавитационных течений. М.: Судостроение, 1978.
4. Перник А.А. Проблемы кавитации Л.: Судостроение, 1966.
5. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. М.: Наука, 1969.