

Временная структура импульсного излучения на заданной глубине определяется точками пересечения прямой $z = \text{const}$ с кривыми диаграммы. Разрыв кривых на диаграмме при $\tau \sim 2,7$ сек соответствует лучам, отраженным от поверхности океана. Лучи, отраженные от дна, в данном случае не учитывались. Интересно существенное изменение интервалов между отдельными приходами в зависимости от глубины. Может быть предложена сравнительно простая методика экспериментальной проверки такого рода диаграмм подобно изложенной в работе [3].

Автор благодарен Л. М. Бреховских и И. Е. Михальцеву за ряд замечаний и обсуждение работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Апанасенко. О временных соотношениях между импульсами, распространяющимися по различным лучам в подводном звуковом канале. Акуст. ж., 1965, 11, 3, 300—305.
2. Л. М. Бреховских. Волны в слоистых средах. М., Изд-во АН СССР, 1957.
3. L. Baxter, R. Brockhurst, E. E. Hays. Some deep-water sound-transmission paths South of Cyprus. J. Acoust. Soc. America, 1964, 36, 11, 2124—2130.

Акустический институт АН СССР
Москва

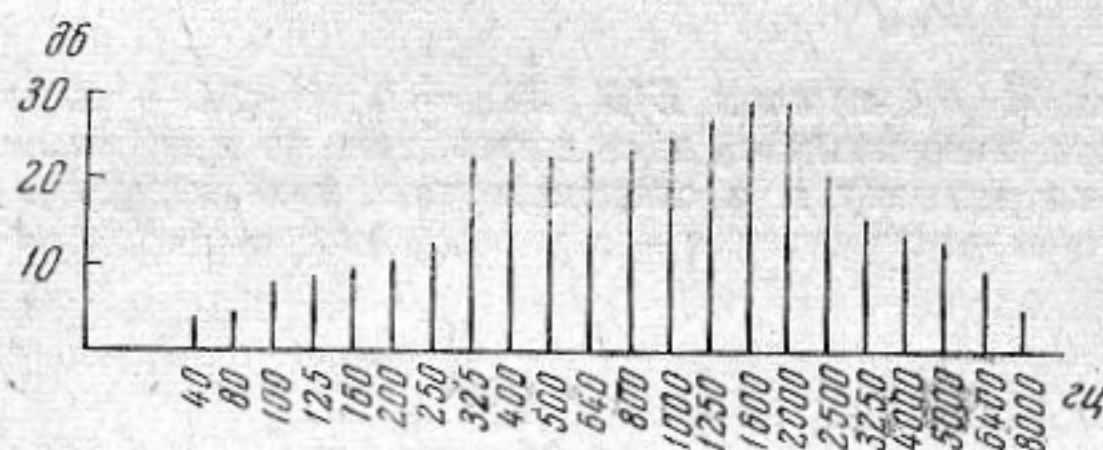
Поступило в редакцию
10 ноября 1965 г.

УДК 534.2:(282.3)

О ШУМЕ ВОДОПАДОВ

В. И. Арабаджи

Масштабы существующих в природе водосбросов заключены в пределах от небольшого ручейка до крупнейшего водопада. В 20 см от места падения воды в небольшом ручейке сила звука составляет около 70 дб. На Ниагаре [1], в 57 м от места падения воды, она составляет 87 дб, у самого же места падения — около 140 дб. Если звук ручейка не слышен уже на расстоянии одного — двух десятков шагов, то шум водопада Виктория на реке Замбези ночью при наличии температурной инверсии и отсутствии маскирующих шумов отчетливо слышен на расстоянии 11 км от водосброса.



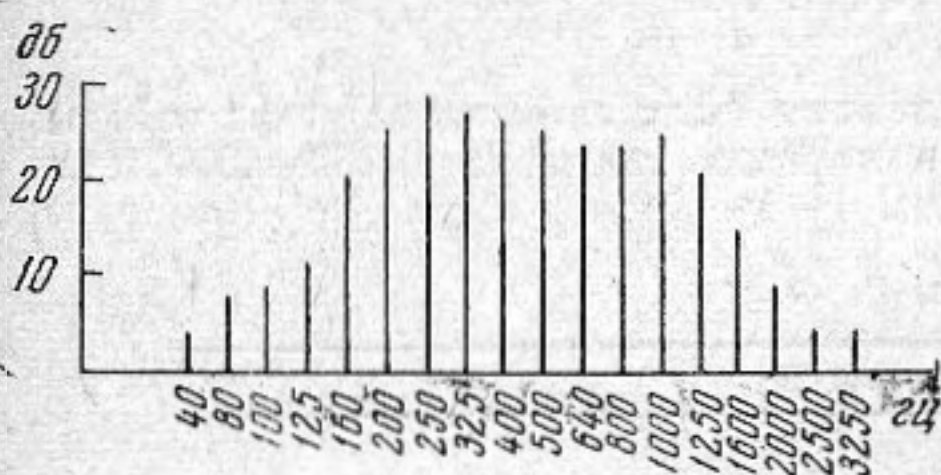
Фиг. 1

Для выяснения механизма возбуждения шума водопадов нами были изучены их акустические спектры. Шум записывался на магнитофон, после чего в лабораторных условиях производился его анализ. Неравномерность частотной характеристики сквозного канала магнитофона (50 гц — 10 кгц) не превышала при этом 3,5 дб, уровень шума был не больше 48 дб, нелинейные искажения составляли не более 5%. Анализ осуществлялся при помощи анализатора шума с диапазоном рабочих частот 36 гц — 11 кгц, динамическим диапазоном 37 дб и средней чувствительностью 300 мв. Отсутствие существенных искажений в акустическом тракте было установлено путем сравнения спектров дробящейся воды со спектрами стандартных источников звука, полученными на той же аппаратуре; ошибки измерений не превышали 12%. В приводимых акустических спектрах по оси абсцисс откладывается частота в герцах, по оси ординат — сила звука в децибеллах относительно произвольного начала отсчета. Сила звука измерялась шумомером Ш-3 системы Ленинградского института охраны труда.

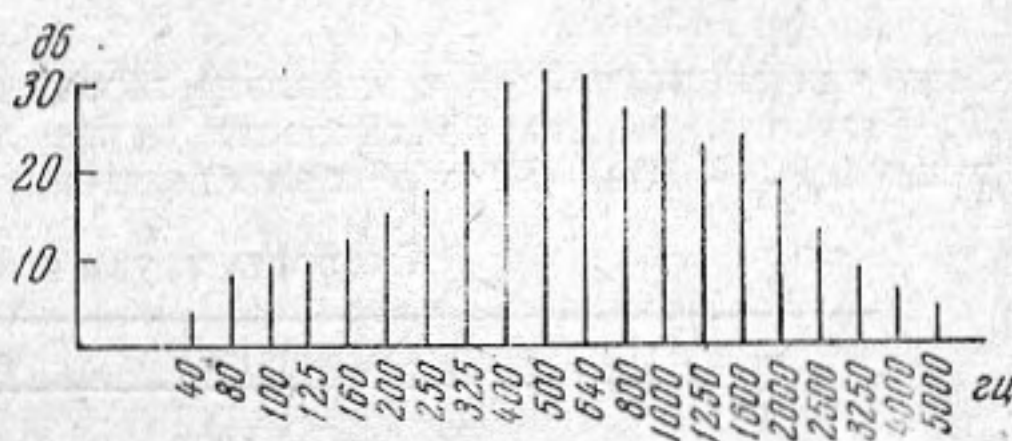
Как показали измерения, у небольшого ручья с расходом воды порядка 0,5 — 2 л/сек энергия шума распределяется на частоты от 40 гц до 8 кгц с максимумом в диапазоне 1,6 — 2 кгц (фиг. 1). У водопада с расходом воды 30—40 м³/сек звуковая энергия приходится на тот же диапазон частот, что и для ручья, но максимум смещается к 1 кгц и становится менее острым. У Ниагары [1] при расходе воды в течение суток от 1500 до 3000 м³/сек максимум звуковой энергии приходится на диапазон 37—75 гц. Морской прибор имеет такой же звуковой спектр, как и небольшой водопад. При слабом и среднем волнении моря сила звука прибора в месте его возникновения составляет 77—82 дб.

Из опыта известно, что шум возникает у тех водопадов, где происходит вспенивание воды, т. е. образование и захлопывание кавитационных полостей. Форма этих полостей разнообразна; если для ориентировочной оценки принять, что они являются сферическими, то на основании расчетов, приведенных в работе [2], резонансная частота воздушных пузырьков в воде будет 2 кгц при диаметре их 0,33 см (максимум в акустическом спектре ручья) и 1 кгц при диаметре 0,66 см (максимум

в спектре небольшого водопада). Для максимума в звуковом спектре Ниагары диаметр полостей должен быть 12 см. На фиг. 2 приведен спектр шума захлопывающихся пузырьков, которые выдувались из горизонтально расположенных на глубине 2 см под свободной поверхностью воды стеклянных трубок. При внутреннем диаметре трубки 4 мм максимум энергии в спектре приходится на 250 гц. При внутреннем диаметре трубки 1 мм частота максимума смещается к 500 гц (фиг. 3). В обоих случаях сила звука на расстоянии 5 см от места выхода пузырьков на по-



Фиг. 2



Фиг. 3

верхность воды составляла 82—85 дб. Если при помощи указанных трубок выдувать воздушные пузырьки на глубине 20 см, то происходит заметное смещение максимума в акустическом спектре в сторону низких частот.

Таким образом, самая сильная компонента в звуке захлопывающихся кавитационных полостей соответствует их частоте резонанса. Поскольку при дроблении воды могут возникнуть кавитационные полости различных размеров, акустический спектр дробления охватывает сравнительно широкий диапазон частот; максимум в этом спектре соответствует наиболее часто встречающимся размерам полостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. O. Brandrick. The hydro-electrick power comission of Ontario-research division report, 19 Dec. 1961.
2. Г. С. Гензель, А. М. Заездный. Основы акустики. М., ГТТИ, 1952, стр. 120.

Тулльский государственный педагогический институт им. Л. Н. Толстого

Поступило в редакцию
14 июня 1965 г.

УДК 534.22

СКОРОСТЬ ЗВУКА В АЗОТЕ

А. А. Вассерман, В. И. Селеванюк

Большинство данных о скорости звука в газообразном азоте было получено для давлений до 100 атм. К ним относятся, в частности, экспериментальные данные [1—3] и расчетные [4]. При высоких давлениях (до 6000 атм) скорость звука в азоте впервые была определена расчетным путем Михельсом и соавторами [5, 6] для интервала температур от -125 до $+150^\circ$ и плотностей 0—760 Амага. Вскоре Лакам [7] измерил скорость звука на изотермах 25, 30 и 39° до 1140 атм, а в дальнейшем расширил область исследований до 200° [8]. Воларович и Балашов провели эксперименты при 25° до давления 1050 кг/см² [9] и при 20° до 5000 кг/см² [10], а Верещагин, Юзефович и Человский [11] — при 25° до 3500 атм.

Ограниченность интервала температур, к которому относятся экспериментальные данные о скорости звука в азоте при высоких давлениях, побудила авторов настоящей работы получить значения скорости расчетным путем. Для расчета было использовано уравнение состояния азота [12], описывающее экспериментальные p , v , T -данные до 800° и 10^8 н/м² с высокой точностью. Расчет производился по преобразованной формуле Лапласа:

$$c^2 = \left(\frac{\partial p}{\partial p} \right)_T + \frac{Tv^2}{C_v} \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v^2 \quad (1)$$