

А. А. Кологримов, В. Г. Кудленко

ИМИТАТОР АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ КАСКАДИРУЮЩИМИ ЧАСТИЦАМИ В ВОДЕ

Моделирование акустического излучения адронных каскадов в жидкостях возможно с помощью лазерных импульсов или импульсных пучков ускоренных частиц [1-4]. Для работы в полевых условиях больших естественных водоемов представляет интерес создание более простого имитатора акустического излучения каскадных ливней. Одним из его вариантов может быть акустическая антенна, состоящая из проводников, пронизывающих ее объем. Возбуждение звука происходит при пропускании через проводники импульсов тока в результате теплового расширения проводников. Расстояние между проводниками следует выбирать так, чтобы не проявлялась деструктивная интерференция акустических волн от элементарных источников, расположенных по объему области энерговыделения.

Характеристики акустического излучения такой цилиндрической антенны в воде были исследованы на модели длиной 20 и диаметром 4 см [5] и макете длиной 1 м такого же диаметра. Необходимое энерговыделение в проводниках достигалось за счет апериодического разряда накопительной емкости через тиристоры.

Амплитуда A акустического сигнала, генерируемого такой антенной, пропорциональна энерговыделению в ее проводниках. Это следует из рис. 1, где по оси абсцисс отложен квадрат напряжения на накопительной емкости. Тангенс угла наклона прямой, проведенной по методу наименьших квадратов, равен 1,86.

Излучаемая волна давления в ближней волновой зоне является цилиндрической, т. е. амплитуда акустических импульсов, генерируемых антенной в воде, изменяется в зависимости от расстояния R до ее оси по закону $A \sim R^{-0,5}$. Канал регистрации состоял из ненаправленного гидрофона модели 8103 фирмы Брюль и Кьер, усилителя к нему и запоминающего осциллографа. При напряжении на накопительной емкости ($C=4,0$ мкФ $\pm 10\%$) 600 В и расстоянии между осью макета и гидрофоном 20 см амплитуда первой полуволны акустического сигнала равна 30 Па.

В пределах экспериментальных погрешностей величина акустических импульсов не изменялась при повышении температуры воды от 20 до 60° С. Это значит, что акустическое излучение в основном обусловлено нагревом проводников и не зависит от теплофизических свойств среды, в которых они находятся. Подтверждением этого может служить тот факт, что при одинаковых параметрах разрядного импульса амплитуда акустических сигналов в воде и глицерине с учетом разного акустического сопротивления одинакова, тогда как параметр Грюнайзена указанных жидкостей отличается более чем в 6 раз.

Эксперименты с моделями различного диаметра показали, что длительность акустических сигналов в направлении, перпендикулярном центру оси антенны, определяется временем пробега звука по диаметру внешнего слоя проводников.

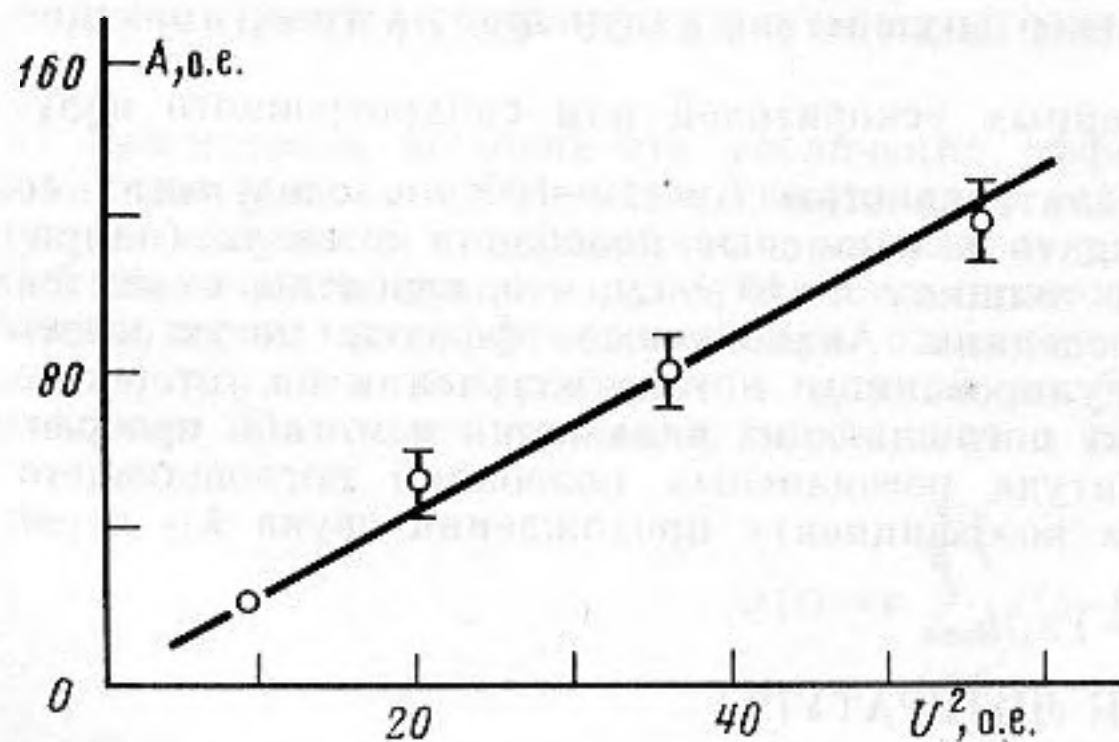


Рис. 1

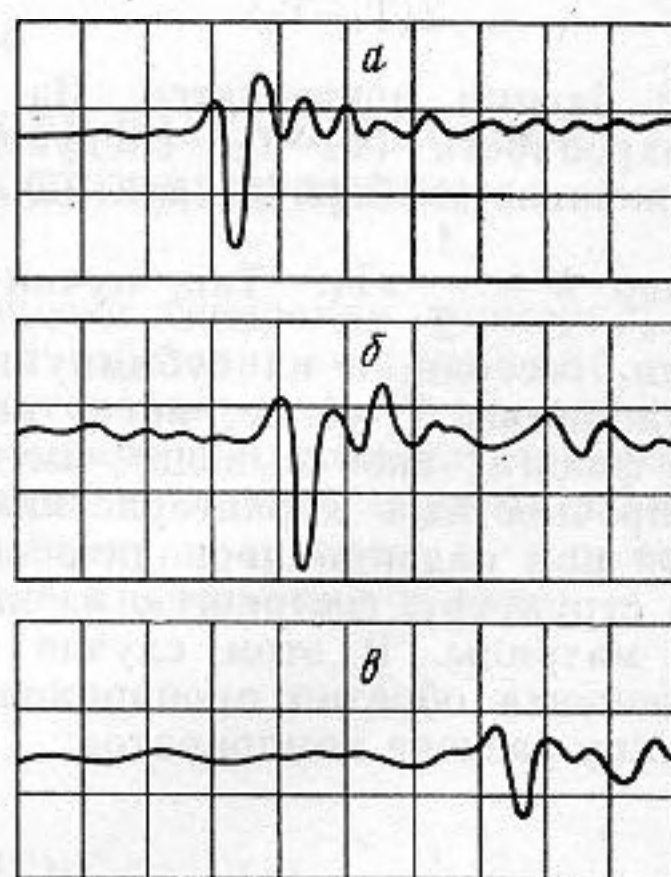


Рис. 2

Рис. 1. Зависимость амплитуды акустического сигнала, генерируемого макетом имитатора в воде, от энергии накопительной емкости

Рис. 2. Осциллограммы сигналов от имитатора, регистрируемые гидрофоном с верхней граничной частотой 40 кГц; напряжение на накопительной емкости 900 В; масштаб времени 50 мкс/дел; чувствительность: а, б — 500, в — 200 мВ/дел

На основе отмеченных результатов была выбрана следующая конструкция полевого варианта имитатора акустического излучения каскадных ливней в воде. Его основными составляющими являются излучающая акустическая антенна, источник высокого напряжения и блок управления разрядом емкости.

Акустическая антенна имитатора диаметром 4 см и длиной 3 м для удобства при транспортировке составлена из трех секций одинаковой длины. Вдоль оси каждой секции проходит экранированный провод, который затем заполняет цилиндрический объем секции слоями, диаметры которых равны 12, 20, 30 и 40 мм. Проводники каждого слоя параллельны осевому проводнику. В указанных слоях находится соответственно 4, 8, 12 и 16 проводников.

Высокое напряжение для заряда накопительной емкости обеспечивается преобразователем напряжения, выполненным по схеме самовозбуждающегося блокинг-генератора. Импульсы напряжения в повышающей обмотке трансформатора блокинг-генератора выпрямляются схемой учетверения. При напряжении питания 6,5 В преобразователь обеспечивает на накопительной емкости максимальное напряжение 1500 В. Разряд емкости через проводники антенны происходит при подаче на управляющие электроды тиристорных импульсов с блока управления.

Испытания имитатора были проведены в августе 1989 г. на платформе МГИ АН УССР в Черном море. Автономность источников электропитания позволяла совершать необходимые перемещения имитатора с помощью катера. Чувствительность к взаимному расположению антенны имитатора и гидрофонов приемного модуля, расположенного на глубине 10 м, определялась изменением глубины погружения антенны имитатора. Расстояние между ней и приемным модулем составляло примерно 30 м. При уменьшении глубины с 10 м (рис. 2, а) до 4 м (рис. 2, б) сигнал претерпевает незначительные изменения. Сигнал на рис. 2, в соответствует нахождению в воде только последней секции антенны.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что рассмотренный имитатор может быть использован для контроля функционирования и настройки систем акустической регистрации каскадных ливней в естественных водоемах, а также в других гидрофизических исследованиях, где необходим протяженный источник акустических сигналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубничий П. И., Калюжный Г. С., Яковлев В. И. Исследование механизма генерации акустического излучения, инициированного лазерным пучком в жидкостях: Препринт № 167. М.: ФИАН СССР, 1977.
2. Данильченко И. А., Лбов И. Е., Медведев А. Ю., Павленко А. В., Петрухин А. А., Толстой М. Ю., Шестаков В. В. Исследование характеристик акустического журнала в ближней зоне пучка протонов в воде // Радиационная акустика. М.: Наука, 1987. С. 51–58.
3. Hunter S. D., Jones W. V., Malbrough D. J. Acoustic Signals from an Extended Laser Beam Source // 16th Internat. Cosmic. Ray. Conf. V. 11. T Session Kyoto, 1979. P. 184–189.
4. Sulak L. R. et al. Experimental Studies of the Acoustic Signature of Proton Beams Traversing Fluid Medium // Nucl. Instrum. Meth. 1979. V. 161. № 2. P. 203–217.
5. Кудленко В. Г., Голубничий П. И. Об одном способе контроля измерительной аппаратуры акустического варианта проекта ДЮМАНД // Перспективы осуществления проекта ДЮМАНД в Тихом океане. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 47–48.

Ворошиловградский
машиностроительный институт

Поступило в редакцию
18.05.90

УДК 537.591

© 1990 г.

*И. Е. Лбов, А. Ю. Медведев, А. В. Павленко,
А. А. Петрухин, В. В. Шестаков*

ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ СТВОЛОВ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ

Для расчета амплитуды акустического сигнала проведена оценка доли энергии ливня в эффективно излучающей области ствола. В основу этой оценки положены экспериментальные данные при $E_0 = 10^{14} - 10^{16}$ эВ на уровне гор, которые экстраполировались к $E_0 = 10^{18} - 10^{20}$ эВ. Было получено, что диаметр эффективно излучающей области составляет 4–6 см, а доля энергии с учетом вклада электронно-фотонной компоненты лежит в пределах (3,6–14)% от E_0 для ШАЛ, инициированных протонами и (1,4–11)% от E_0 для ШАЛ соответствующего стандартному химическому составу (атомный номер $A = 10$).

При расчете амплитуды акустического сигнала были использованы результаты работы [1]. Также использовались данные о температуре воды озер Табацкури