

Вертикальные группы морских пневматических источников

- Гуленко В.И., Захарченко Е.И., Кубанский госуниверситет, г. Краснодар
- Рудаков А.В., АО «Южморгеология», г. Геленджик

Повышение геологической эффективности морской сейсморазведки предполагает постоянное совершенствование всего технологического комплекса, применяемого на акваториях. При этом наряду с использованием современных геофизических судов, спутниковых систем позиционирования и цифровых сейсморегистрирующих телеметрических систем, необходимо применение и достаточно мощных источников, возбуждающих высокоамплитудные и широкополосные сигналы, не осложненные пульсациями, обеспечивающие решение сложных геологических задач в различных сейсмогеологических условиях.

Достижение этой цели обычно осуществляется применением сложных линейных или площадных неоднородных пневматических групп, содержащих в своем составе иногда десятки пневматических излучателей, объединенных в ряд тесных подгрупп – кластеров [1, 2]. При создании таких источников, помимо решения целого ряда чисто технических проблем, связанных с размещением их на борту судна и безопасной эксплуатацией, одной из наиболее сложных задач является определение исходных требований к выбору основных параметров группы, таких, как объемы рабочих камер излучателей и геометрия их группирования, а также других факторов, определяющих амплитудные, временные и частотные характеристики излучаемых акустических сигналов [1, 2].

В настоящей работе рассмотрены результаты моделирования некоторых характеристик вертикальных групп пневматических источников для морской сейсморазведки.

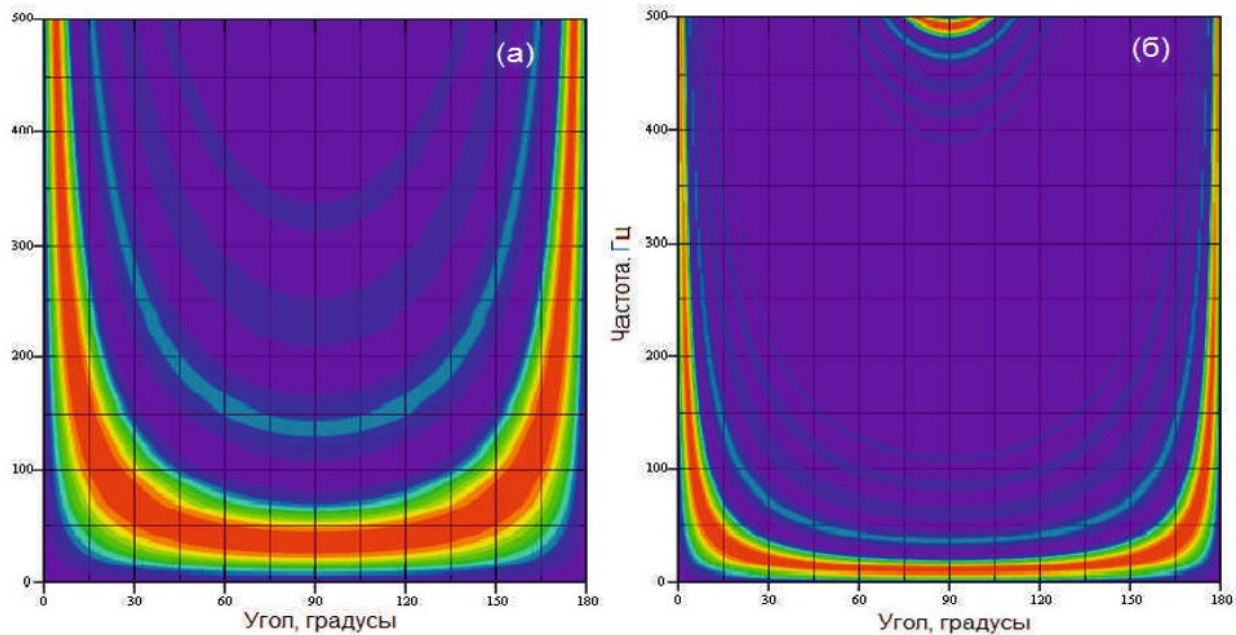
В качестве простейшей модели такой группы можно взять вертикальную однородную группу из N пневматических излучателей одинакового объема V_0 с одним и тем же рабочим давлением сжатого воздуха P_1 , подвешенных на вертикальном тросе с постоянным шагом Δh по глубине от $h_1 = h_0$ до $h_N = h_0 + (N-1) \cdot \Delta h$. Запуск излучателей производится с помощью системы контроля и управления, в которой предусмотрена возможность управления временем срабатывания каждого излучателя группы. Такая группа может найти применение при сейсмических зондированиях по методу КМПВ, или при других работах, когда координаты пункта возбуждения должны оставаться постоянными.

В качестве теоретической основы для расчета частотных характеристик и диаграмм направленности вертикальных групп был использован алгоритм расчета обобщенных комплексных интерференционных характеристик дискретных групп, описанный в работах [1–3] и реализованный в программной среде СКМ MathCAD 15.

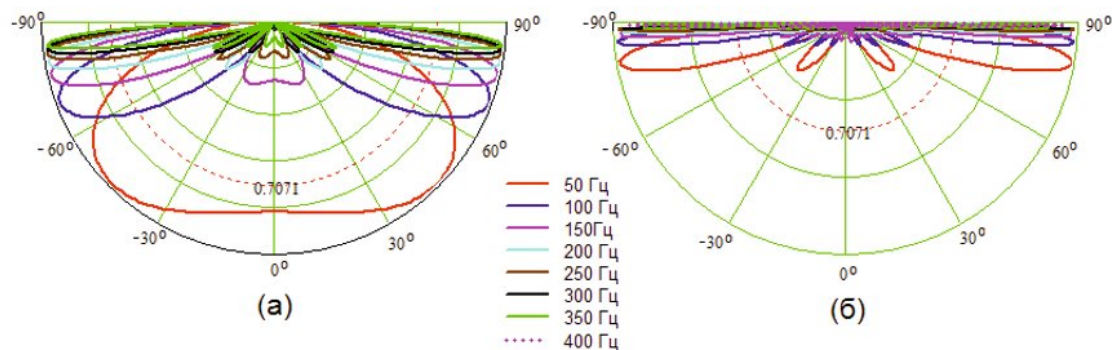
На рис. 1 приведены модули обобщенных комплексных интерференционных характеристик двух вариантов вертикальных групп синхронно срабатывающих пневматических излучателей.

На рис. 2 приведены диаграммы направленности тех же вариантов вертикальных групп синхронно срабатывающих пневматических излучателей.

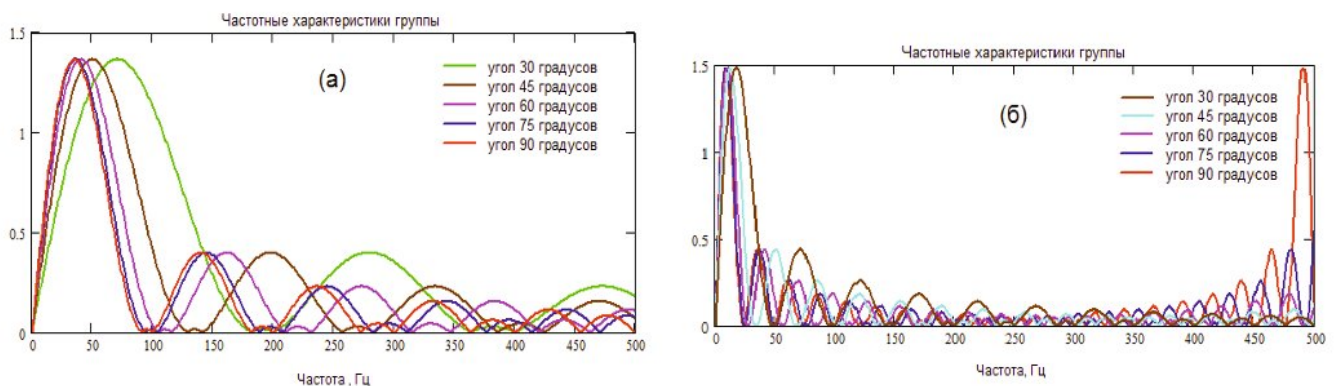
На рис. 3 приведены частотные характеристики тех же вариантов вертикальных групп синхронно срабатывающих пневматических излучателей.



▲ Рис.1. Модули обобщенных комплексных интерференционных характеристик двух вариантов вертикальных групп синхронно срабатывающих пневматических излучателей: а) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 1.5$ м, $N = 10$; б) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 3.0$ м, $N = 20$



▲ Рис.2. Диаграммы направленности тех же вариантов вертикальных групп синхронно срабатывающих пневматических излучателей: а) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 1.5$ м, $N = 10$; б) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 3.0$ м, $N = 20$



▲ Рис.3. Частотные характеристики тех же вертикальных групп синхронно срабатывающих пневматических излучателей: а) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 1.5$ м, $N = 10$; б) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 3.0$ м, $N = 20$

Как и следовало ожидать, при синхронном запуске излучателей вертикальной однородной группы основные максимумы лепестков диаграмм направленности формируются в горизонтальном направлении, что обычно не представляет интереса для сейсморазведки.

Однако, управляя временами срабатывания каждого излучателя вертикальной группы с помощью системы контроля и управления, можно реализовать совершенно особый режим срабатывания группы, который можно назвать режимом «акустической накачки».

Идея этого метода состоит в следующем. Вначале производится запуск 1-го, самого верхнего излучателя группы. При скорости звука в воде C около 1500 м/с, запуск следующего излучателя производится с задержкой на время $\tau = \Delta h / C$, т.е. на время пробега волны от предыдущего излучателя. И так далее, при этом запуск последнего излучателя группы (самого

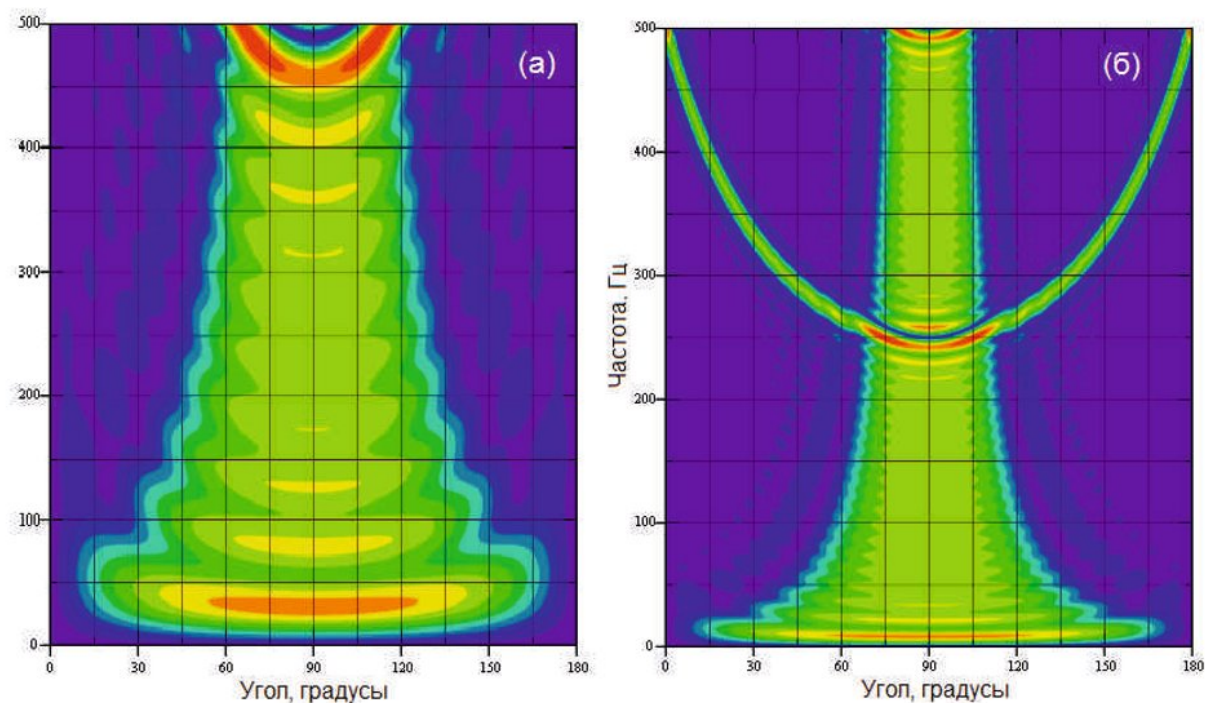
нижнего) происходит лишь тогда, когда к нему подойдет суммарная акустическая волна сверху.

На рис. 4 приведены модули обобщенных комплексных интерференционных характеристик тех же вариантов вертикальных групп пневматических излучателей, несинхронно срабатывающих в режиме «акустической накачки».

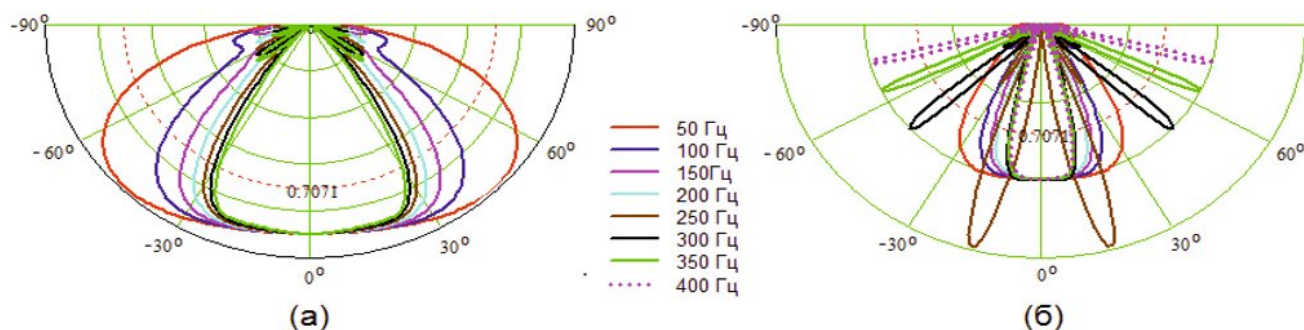
Диаграммы направленности тех же вариантов вертикальных групп, срабатывающих в режиме «акустической накачки», приведены на рис. 5.

На рис. 6 приведены частотные характеристики тех же вариантов вертикальных групп, срабатывающих в режиме «акустической накачки».

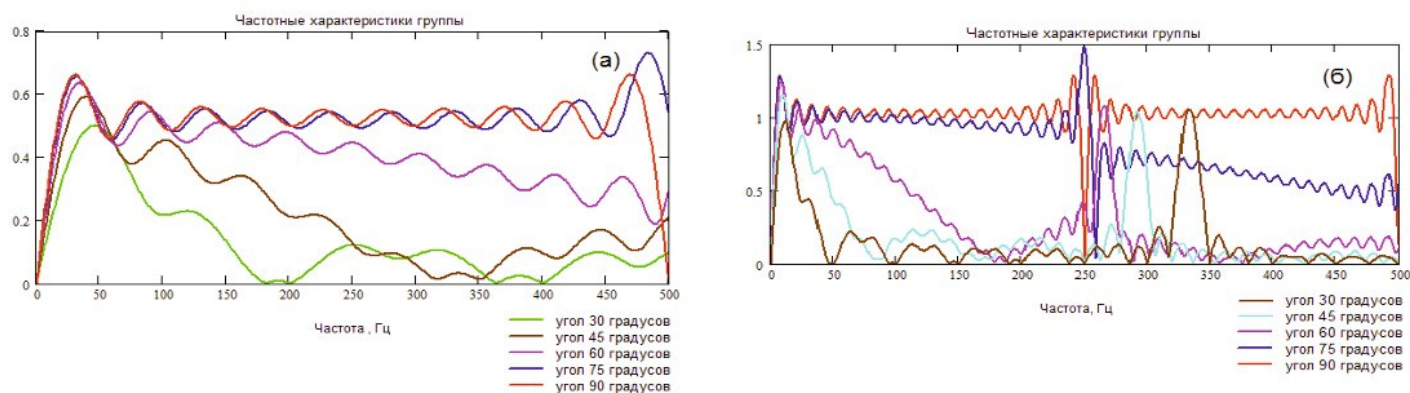
Как видно из представленных рисунков, в отличие от синхронных групп, вертикальные группы с «акустической накачкой» характеризуются не только хорошо выраженной направленностью излучения в вертикальном направлении,



▲ Рис. 4. Модули обобщенных комплексных интерференционных характеристик двух вариантов вертикальных групп пневматических излучателей, срабатывающих в режиме «акустической накачки»: а) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 1.5$ м, $\tau = 1.0$ мс, $N = 10$; б) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 3.0$ м, $\tau = 2.0$ мс, $N = 20$



▲ Рис.5. Диаграммы направленности вертикальных групп пневматических излучателей, срабатывающих в режиме «акустической накачки»: а) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 1.5$ м, $\tau = 1.0$ мс, $N = 10$; б) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 3.0$ м, $\tau = 2.0$ мс, $N = 20$

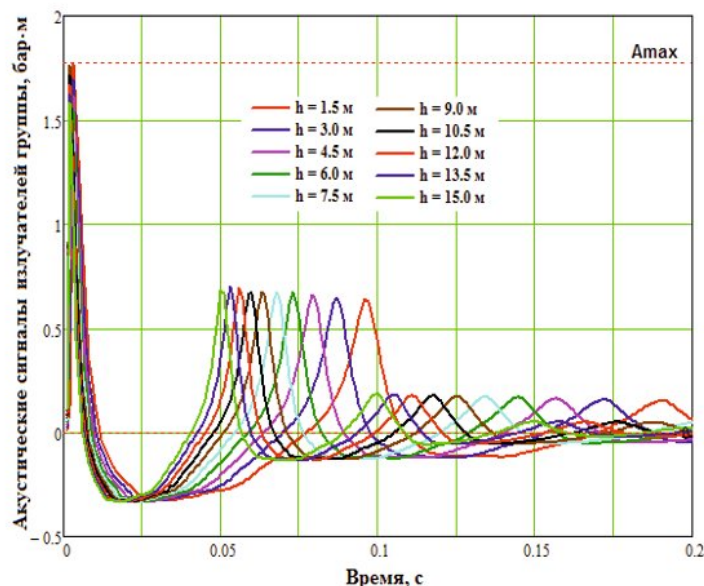


▲ Рис.6. Частотные характеристики вертикальных групп пневматических излучателей, срабатывающих в режиме «акустической накачки»: а) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 1.5$ м, $\tau = 1.0$ мс, $N = 10$; б) $h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 3.0$ м, $\tau = 2.0$ мс, $N = 20$

но и особой равномерностью основного лепестка частотной характеристики, что отличает такого рода группы от любых других излучающих систем морской сейсморазведки.

Моделирование акустических характеристик вертикальной однородной группы позволило выявить и другие важные достоинства такого источника. На рис.7 представлены акустические сигналы всех отдельных излучателей вертикальной группы при разных глубинах погружения от 1.5 м до 15.0 м и, соответственно, при разных гидростатических давлениях P_0 .

Как следует из рис.7, периоды пульсации всех этих сигналов, даже при одинаковых объемах излучателей, с глубиной уменьшаются в соответствии с известной



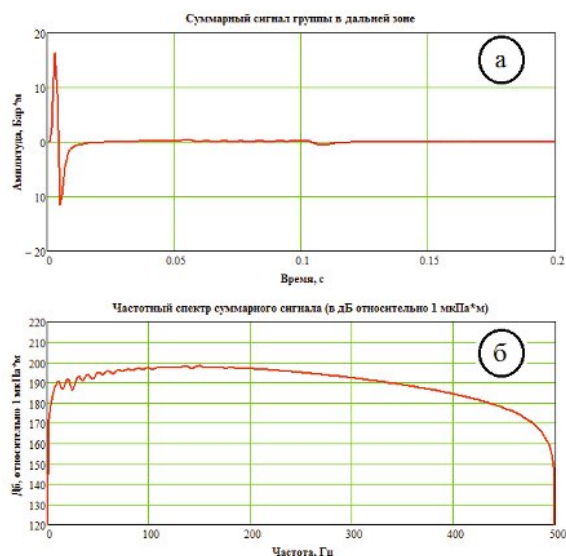
▲ Рис.7. Акустические сигналы отдельных излучателей однородной вертикальной группы при разных глубинах погружения ($h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 1.5$ м, $V_i = 1$ дм³, $N = 10$)

формулой Релея-Виллиса $T \sim (P_0)^{-5/6}$ [1 и др.]. В результате суммарные сигналы такой группы, как при синхронном срабатывании излучателей, так и при работе группы в режиме «акустической накачки» характеризуются достаточно высокой степенью гашения пульсаций.

В качестве примера на рис.8 приведены и другие результаты моделирования акустических характеристик вертикальной группы – суммарный акустический сигнал, излучаемый в вертикальном направлении (а) и его амплитудный спектр (б), полученные при срабатывании в режиме «акустической накачки». Расчеты, выполненные с учетом взаимного акустического влияния излучателей, показывают, что аналогичный вид суммарный сигнал и спектр вертикальной группы имеют и при синхронном срабатывании при излучении в горизонтальном направлении.

Литература

1. Гуленко В.И. Пневматические источники упругих волн для морской сейсморазведки: Монография. – Краснодар: КубГУ. 2003, – 313 с.
2. Гуленко В.И., Шумский Б.В. Технология морской сейсморазведки на предельном мелководье и в транзитной зоне: Монография. – Краснодар: КубГУ. 2007, – 111 с.
3. Гуленко В.И., Рудаков А.В., Самсонов Е.А. Принципы построения групповых пневматических источников для морской сейсморазведки // Приборы и системы разведочной геофизики №3(45) 2013 г. с.62-71.



▲ Рис. 8. Суммарный акустический сигнал, излучаемый в вертикальном направлении вертикальной группой пневматических излучателей, срабатывающих в режиме «акустической накачки» (а) и его амплитудный спектр (б) ($h_0 = 3.0$ м, $\Delta h = 1.5$ м, $\tau = 1.0$ мс, $V_i = 1$ дм³, $N = 10$)