

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ
ДАННЫХ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ, КОНТРОЛЯ И
УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМИ ТРУБОПРОВОДНЫМИ СИСТЕМАМИ**

Ю.А. Никулина, А.С. Шубин

Научный руководитель - профессор В.П. Бурков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Значительный потенциал энергетических ресурсов России сосредоточен в Охотском море на востоке страны. Всего на шельфе Сахалина открыто 16 месторождений, в разработке находятся 6 (Одопту, Чайво, Аркутун–Даги, Пильтун–Астохское, Лунское, Кириновское). [3]

Использование подводных добычных комплексов (ПДК) является одной из перспективных технологий добычи углеводородов на морских месторождениях нефти и газа. ПДК позволяют осваивать глубоководные и круглогодично разрабатывать арктические месторождения, значительно быстрее, по сравнению с морскими платформами, выводить месторождения на проектную мощность и повышать безопасность (в том числе экологическую) проектов. [1]

По средствам автономных подводных обитаемых аппаратов (АНПА) возможен непрерывный мониторинг нефтяных месторождений, что повысит надежность данных систем добычи нефти [2]. АНПА будет передавать данные о комплексном состоянии оборудования подводных нефтяных и газовых месторождений в режиме онлайн трансляции. В случае разного рода повреждений будет возможность оперативно ликвидировать отказ с минимальными потерями продукта, а также минимизировать ущерб окружающей среде.

Существует большое количество способов передачи данных. Но во всех способах передача данных происходит по принципу электрических сигналов. Совокупность всех видов передачи данных называется канал передачи данных.

Различные исследователи сосредоточились на разных проблемах, и можно сделать вывод, что единого эффективного коммуникационного дизайна с конкретным алгоритмом, который мог бы быть использован во всех типах подводных каналов, не был найден. Конструкция трансмиссии сильно зависит от условий канала, так как используются различные схемы на мелководье и в глубокой воде, и различные алгоритмы в спокойных и спокойных водах. Тип выравнивания каналов также зависит от параметров, таких как оценка канала и кодирование. Постоянно растущий спрос на полосу пропускания, эффективность, пространственное разнесение и производительность подводной акустической связи открыл двери для использования технологии многоканальной передачи данных (MIMO – Multiple Input Multiple Output).

В данной статье предложен метод ультразвуковой передачи данных под водой на основе технологии МИМП (Множество излучателей, множество приёмников или MIMO – Multiple Input-Multiple Output). Такой подход позволит реализовать многоканальную передачу данных в воде и существенно увеличить скорость передачи информации.

Приёмник получает сумму сигналов с разными фазовыми набегам. Сигналы суммируются с весовыми коэффициентами.

$$B_m = \sum_{n=1}^8 H_{nm} \cdot A_n \quad (1)$$

В качестве неоднородности решено было взять функцию Гаусса, которая описывается так:

$$f = c_1 + (c_2 - c_1) \cdot e^{-\frac{(x-0.1)^2 + (y+0.05)^2 + z^2}{r_n^2}}, \quad (2)$$

где: x, y, z – оси координат, r_n – радиус неоднородности.

Данное моделирование проводилось в среде Mathcad. Предлагается использовать матрицу из 8-ми ультразвуковых излучателей, а для приёма матрицу из 8-ми приёмников (рис. 2). Выбрано эквидистантное размещение на плоскости 8-ми элементов, так как такое расположение микрофонов оптимальное для того, чтобы сигналы меньше друг с другом сливались. Использование матриц микрофонов и излучателей дает множество каналов передачи информации на более дальние расстояния с минимизацией уровня шумов. В отличие от одноканальных акустических систем связи под водой, данное решение позволит увеличить в десятки раз пропускную способность каналов передачи данных в воде из-за использования многоканальности. Также новая система автоматически адаптирована к взаимному перемещению источника и приёмника, изменениям в среде распространения (течения, турбулентные потоки, контрасты солёности...) за счет применения определённых калибровочных сигналов. Матрица излучателей крепиться на борт АНПА, при этом матрица приемников находится на буйке. В свою очередь буй имеет связь с отделом мониторинга ПДК.

Каждый излучатель работает на одинаковых частотах, но у всех есть своя амплитуда и фаза (8 возможных вариантов). Полоса пропускания датчиков 37 – 40 кГц. Канал связи – однородная среда с рассчитанным поведением. Предлагается использовать амплитудно-фазовую модуляцию с восемью возможными комбинациями амплитуды и фазы (рис. 3). Численное моделирование передачи и приёма сигналов в воде на расстояние 5 метров при центральной частоте 200 кГц с полосой пропускания 25 кГц. Был достигнут битрейт 500 кБит/с.

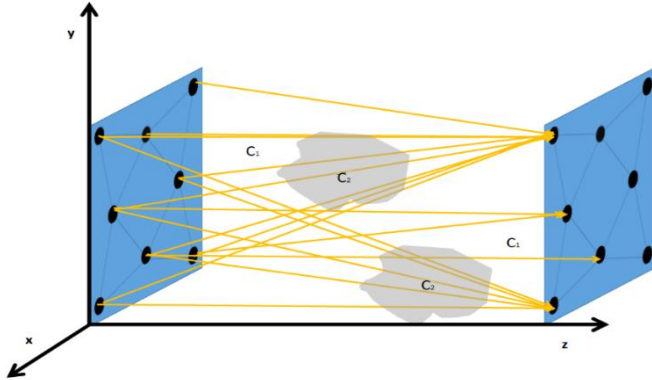


Рис. 1 Геометрия задачи

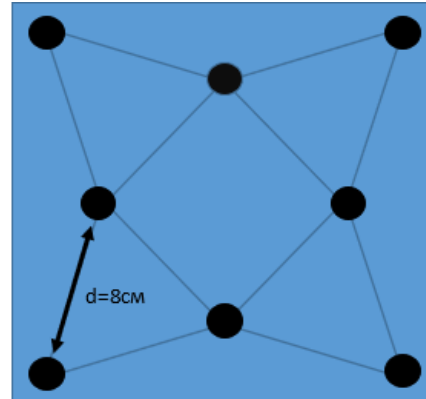


Рис. 2 Решетка микрофонов на излучения и приемная решетка микрофонов

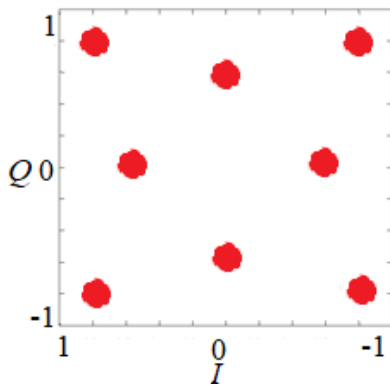


Рис. 3 Амплитудно-фазовые значения восьми различных кодов на комплексной плоскости

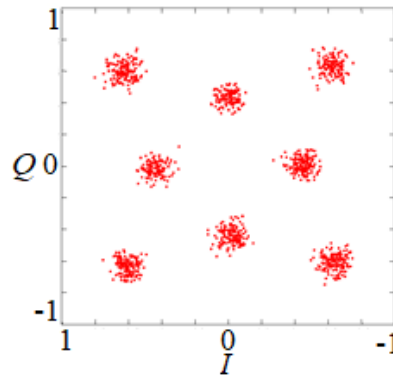


Рис. 4 Восстановленные амплитудно-фазовые значения восьми различных кодов на комплексной плоскости с учетом неоднородности среды

На рисунке 4 представлен результат численного моделирования передачи и приёма сигналов в воде на расстояние 5 метров с учётом неоднородности среды. Облаком, в нашем случае, будем называть все возможные варианты восстановления исходного сообщения. Так как границы каждого облака различимы, можем говорить о хорошей точности восстановления и о правильности данного метода. По результатам моделирования выявили, что связь под водой при учете неоднородности будет более стабильна и точна.

Без сомнения, развитие морской добычи углеводородов есть важнейший фактор развития отечественной нефтегазодобывающей отрасли, и гарантия энергетической безопасности страны. Также одной из актуальных задач является передача данных под водой. Главный параметр при добыче нефти и газа является надежность, которая напрямую зависит от мониторинга подводных добычных комплексов. При уменьшении времени на ликвидацию отказов будет уменьшен вред, нанесенный окружающей среде и снижены потери на производстве. При должном мониторинге, состояние трубопроводов и подводных добычных комплексов будут находиться в пределах допустимых норм.

Литература

1. Кроха В. А., Шибакин С. И. Эксплуатация Киринского газоконденсатного месторождения // Газовая промышленность. – 2016. – № 1. – С. 93-95.
2. Петренко, В., Новиков А., Курилец С. Подводно-технические работы при освоении морских месторождений // Offshore Russia. – Москва, 2017. – № 3. – С. 56 – 63.
3. Петренко, В., Чигай С., Никитин Б., Дзюбло А. Ресурсы углеводородов шельфа Охотского моря и результаты их освоения ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. – 2014. – № 716. – С. 16 – 21.