

*Сарычева Алёна Владимировна*

магистрант

*Колесников Дмитрий Валерьевич*

магистрант

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

г. Владивосток, Приморский край

## **ПОДВОДНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ**

*Аннотация:* в качестве перспективного направления развития морской техники, (робототехники), в статье рассматриваются беспроводные каналы связи применимые к НПА. В работе представлены сравнительный анализ существующих каналов связи (актуальность, применимость, скорость передачи, проблемы построения), вывод и рекомендации по выбору канала связи.

*Ключевые слова:* беспроводные сети, НПА, гидроакустическая связь, канал связи, скорость обмена информации, распространение звука, оптическая связь, спектр, лазер, светодиоды, прозрачность воды, диск Секки.

Земля – водная планета, две трети которой покрыта водой. Благодаря быстрому развитию технологий подводные коммуникации стали быстро растущей областью, с широким применением в коммерческих и военных системах на водной основе. Потребность в подводной беспроводной связи существует в таких приложениях, как дистанционное управление в нефтяной промышленности, используется для мониторинга технического состояния и, в некоторых случаях, ремонта оборудования, так как использование людей связано с риском, а отдельные элементы конструкций могут и вовсе быть недоступными для специалистов, мониторинг загрязнения в экологических системах, сбор научных данных с станций на берегу океана, сбор биоматериала, обнаружение и раннее предупреждение, национальная безопасность и защита (обнаружение вторжений и подводное наблюдение), а также новое обнаружение ресурсов.

В отличие от наземной беспроводной радиосвязи, каналы связи в подводных беспроводных сетях могут серьезно затронуты морской средой, шумом и

ограниченной пропускной способностью, и энергетическими ресурсами, а также суровыми условиями окружающей среды под водой.

Основные характеристики канала: эффективно передаваемая полоса частот, динамический диапазон, волновое сопротивление, пропускная способность и помехозащищённость [1].

Существует множество видов каналов связи, среди которых наиболее часто выделяют каналы проводной и беспроводной радиосвязи, которые принято классифицировать на основе характеристик входного и выходного сигналов с учетом их изменений из-за эффектов замирания и затухания.

По типу среды распространения каналы делятся на проводные, инфракрасные оптические и радиоканалы.

В настоящее время связь под водой осуществляется с помощью гидроакустических сигналов и проводных линий связи. Требование к объему передаваемой информации растет с каждым днем. Это необходимо, например, при проведении поисковых работ, когда подводные аппараты оснащаются ТВ-камерами или при обмене информацией между водолазами.

Кабельная связь под водой является ограничением для работ на больших глубинах, так как во всем их рабочем диапазоне невозможно обеспечить кабелю нейтральную плавучесть. Кроме того, возможные зацепы кабеля о неровности грунта способны привести к потере дорогостоящей аппаратуры.

Следовательно, подводный канал связи часто проявляет сильное затухание, эффект многолучевости, частотную дисперсию и ограниченную полосу пропускания и энергоресурсы, которые превращают подводный канал связи в один из самых сложных и суровых беспроводных каналов в природе. При столкновении с этими уникальными условиями в различных подводных приложениях многие новые проблемы, которые не встречались в наземных беспроводных коммуникациях, возникают в подводной акустической, оптической и радиосвязи для будущих подводных беспроводных сетей. Из этих проблем акустические и оптические являются наиболее привлекательными.

Гидроакустическая связь имеет малую пропускную способность. Скорость обмена информацией ограничивается невысокой скоростью распространения звука в воде (около 1,5 км/с) и явлением «затягивания» во времени принятых сигналов, приходящих в точку приема по нескольким лучам в различное время вследствие рефракции звука.

Эти и подобные причины заставляют искать новые способы обмена информацией под водой, основанные на цифровых технологиях и свободные от проводной связи между подводными аппаратами.

Для решения данной проблемы можно использовать оптическую связь. Это сразу откинет множество весомых проблем. Однако и тут есть свои проблемы.

Сконструировать приёмник и передатчик не составляет проблем, но подобрать подходящий светоизлучающий прибор достаточно сложно. Использовать лазер не эффективно, так как он имеет направленный пучок излучения. Например, чтобы управлять НПА (необитаемый подводный аппарат) необходимо будет, что бы лазер всё время отслеживал местоположение аппарата [2].

То есть будет необходим механизм отслеживания, такой механизм будет стоить достаточно дорого. Поэтому, эффективнее будет использовать светодиоды. Но и тут есть свои проблемы, например, у светодиодов нет переходных характеристик. Так как они, в основном, не используются для передачи информации. Поэтому подбор светодиодов будет чисто практическим.

Кроме того, вода неодинаково поглощает световые лучи различных длин волн, т.е. обладает избирательным (селективным) поглощением.

Сильнее всего поглощаются лучи красной части спектра, почти совершенно не поглощаются короткие (зеленые, синие и фиолетовые лучи). Красная часть спектра поглощается в поверхностном слое моря, в глубину проникают лучи сине-зеленой части спектра, которые формируют цвет моря и создают освещенность в глубинах. В результате поглощения красной части спектра кровь рыбы на глубине 15 м окажется желто-коричневой, а на глубине 30–50 м зеленой [3].

Исходя из этого светодиоды нужно выбирать либо зелёного, либо синего, либо сине-зелёного цвета, то есть длины волн 480 – 520 нм.

Исходя из этого вытекает ещё одна проблема: очень сложно найти фотодиод, принимающий такие длины волн. Основная часть фотодиодов идёт ИК-приёмники. Но, как мы знаем, инфракрасный свет – это тепло, а тепло плохо распространяется в воде.

Дальность подводной оптической связи и её устойчивость основано на учете оптических свойств воды. Прозрачность воды зависит от многих факторов: глубины, времени года, наличия планктона, течений и других.

Прозрачность воды на практике принято оценивать максимальной глубиной, на которой оказывается предельно различимым стандартный белый диск диаметром 30 см (диск Секки), опускаемый вертикально к поверхности моря. Несмотря на субъективность метода, он широко применяется в океанографических исследованиях.

Таблица 1

Ориентировочные данные о прозрачности воды по диску Секки

Акватория	Видимость $Z_6$ , м
Белое море	8
Балтийское море	13
Баренцево море	18
Черное море	25
Индийский океан	50
Тихий океан	59

(5...7)  $Z_6$  – дальность связи, которую можно обеспечить.

Все эти проблемы решаются и в итоге можно получить достойный аналог кабельных систем. Таким образом, исследование новых методов подводной беспроводной связи сыграло самую важную роль в исследовании океанов и других водных сред. Вдохновленные привлекательными и уникальными особенностями и потенциальными преимуществами передовых подводных коммуникаций, тема подводных беспроводных сетей привлекла все большее внимание исследователей не только в академических кругах, но и в военном и промышленном секторах, в роботостроении [4]. Несмотря на то, что в последние годы в области подводных беспроводных сетей были предприняты огромные усилия в области

исследований, вышеупомянутые проблемы, связанные с использованием подводной акустики, а также использование оптических беспроводных каналов в будущих разработках подводных беспроводных систем, по-прежнему остаются открытой проблемой.

### ***Список литературы***

1. Зюко А.Г. Системы, каналы и сети связи / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, В.И. Коржик, М.В. Назаров // Теория электрической связи: Учебник для вузов / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1999. – 432 с.
2. Войтов Д.В. Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты. – М.: Моркнига, 2012. – 506 с.
3. Steven W. Underwater Robotics: Science, Design & Fabrication. – Moore, 2010.
4. Robert D. Christ The ROV Manual: A User Guide for Observation Class Remotely Operated Vehicles / Robert D. Christ, Robert L. Wernli Sr. – 2007.