электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 551.461/.467:62

Проектирование подводных лазерных дальномеров

***Ковалевич Д.А.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Подводные роботы и аппараты»

***Цырлин Н.С.**, учащийся*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
Россия, 109117, г. Москва, ГБОУ ЦО № 1421

Научны руководитель: Северов С.П., д.т.н.,профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
kafsm11@sm.bmstu.ru

Целью настоящей работы является привитие профессионального интереса к исследованию принципиально новых объектов подводной океанотехники, робототехники и морской индустрии. По рекомендации руководителя проекта авторами выполнена исследовательская работа по изучению, реконструкции и усовершенствованию лазерных дальномеров-прототипов типа Bosch dle 40, 50, 70 и их аналогов, предназначенных для функционирования в видимой части спектра в воздушной среде.

Прототипы известны своей достаточной для технических систем точностью измерения дистанций с возможностью, при необходимости, её практически неограниченного увеличения, но они не могут работать под водой.

В настоящей работе: исследованы возможности использования лазерных дальномеров под водой, для чего изучены основные свойства и принцип работы лазерных дальномеров в воздухе, определен прототип подводного устройства обоснован выбор дальномеров Bosch dle 40 и dle 50 в качестве реконструируемого прототипа.

В промежуточном результате определены основные требования к адаптации обычного дальномера для использования под водой: герметизация корпуса; переход от скорости света в воздухе к скорости света в воде; удаленный запуск системы измерений подводного дальномера; возможность дистанционного получения и визуального считывания результатов измерений.

В целях обеспечения выполнения указанных требований: внесены изменения в программное обеспечение дальномера для учета перехода от скорости света в воздухе к скорости света в воде; создан внешний интерфейс для удаленного запуска процессов измерений и получения результатов; в итоге проведены подводные испытания дальномера для определения точности и дальность измерений при различных условиях.

В заключение сделан вывод о результатах работы и определены возможные направления развития, представляющие интерес для дальнейших исследований и их апробации в лаборатории Учебно-научного молодежного центра «Гидронавтика» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Среда использования лазерных дальномеров

Лидары находят применение в исследованиях атмосферы, позволяя измерять скорости и направления воздушных потоков и температуру атмосферы. Они также широко применяются в исследованиях земли, так как позволяют сканировать земной рельеф из космоса или с самолета с приемлемой разрешающей способностью. Лидары достаточно полезны в строительстве, при помощи подобных устройств можно выполнять различные обмеры зданий и создавать их трехмерные модели. Кроме того, данные устройства используются в системах активной безопасности автомобилей, системах автоматической стыковки космических кораблей на орбите, для определения скорости транспортных средств и в других системах.

Целью данной работы является изучение принципа работы и технической реализации лазерного дальномера, а также внесение изменений в аппаратную и программную часть дальномера для использования лазерных дальномеров под водой.

Принцип работы лазерных дальномеров и описание конструкции.

Лазерные дальномеры — наиболее простой тип лидара, позволяющий измерять расстояние до объекта с использованием лазерного луча. Лазерные дальномеры бывают импульсные и фазовые. Импульсные дальномеры основаны на измерении времени, за которое волна проходит расстояние от дальномера до объекта и обратно. Это расстояние находится по формуле: $D=\frac{ct}{2n}$, где D — расстояние до объекта, c — скорость света в вакууме, t — время, за которое луч прошел расстояние до цели и обратно, а n — показатель преломления среды. Фазовые дальномеры основаны на измерении величины сдвига фазы, что позволяет судить о расстоянии до цели. Величину сдвига фазы можно измерить с ошибкой не более 1 градуса без особых затруднений. Но для этого необходимо знать количество целых периодов. Если это число известно, расстояние до цели может

быть найдено по формуле: $D=\frac{1}{2}L\left(N+\frac{f}{2\pi}\right)$, где D — расстояние до объекта, L — длина волны, N — количество полных периодов, f — фаза пришедшего сигнала. Для определения числа периодов необходимо либо приблизительно знать дистанцию, либо выполнить несколько измерений с различными длинами волн. При использовании варианта повторных измерений можно применить либо метод перебора, либо аналитический метод. Метод перебора, как следует из его названия, основан на переборе значений N для каждой длины волны L, пока подобранные расстояние не будут равны между собой. Аналитических методов существует несколько. Наиболее простой — это метод, основанный на биении двух соседних по частоте колебаний. Но чаще всего в приборах используют комбинации различных методов, например, сначала находят количество целых периодов с помощью измерения двух частот, а затем находят конкретные расстояния. Подобный метод, например, используется в прототипных лазерных дальномерах фирмы Bosch, таких как dle 40, 50, 70 и других. Три представленных дальномера имеют сходные аппаратные составляющие, но различаются в программном обеспечении и дополнительных опциях. Для дальномера dle 50 была разработана альтернативная прошивка, позволяющая управлять дальномером с помощью внешних устройств. Эту прошивку также возможно использовать и для дальномеров dle 40 и dle 70, так как они имеют сходную аппаратную часть. Все эти дальномеры используют микропроцессоры Amtel avr, что делает процесс написания альтернативных прошивок не очень сложным, так как данная платформа достаточно популярна у разработчиков радиоэлектроники и для неё возможно найти большое количество информации. Это делает достаточно перспективным использование данных дальномеров в различных автоматизированных системах, таких как различные роботы, в том числе ,подводных.

Следует отметить, что в морской среде работа лидаров сильно затруднена. Это связано с интенсивным рассеиванием света в воде. Лазерный луч может распространяться на значительные расстояния. Эффективнее всех в воде распространяется зеленое излучение неодимового лазера с длиной волны 532нм. Однако отраженный сигнал практически неразличим на фоне паразитной засветки. Существуют методы решения и преодоления данной проблемы, в частности системы, разработанные американской компанией «Kaman», но они отличаются сложностью и высокой стоимостью.

Рассмотрим лазерный дальномер Bosch dle 40. Данная модель достаточно известна среди пользователей. Имеет диапазон измерения от 5 сантиметров до 40 метров, погрешность измерения ±1,5 мм, отображает расстояние с точностью до 1 миллиметра,

оснащен лазером с длиной волны 635 нм, мощностью менее 1 мВт, питается от 4 батареек типа AAA. Все вышесказанное делает данный прибор достаточно удобным в качестве прототипа при исследовании и использовании. По отзывам на форумах данный прибор достаточно хорошо справляется с измерением расстояния. Он имеет дополнительные функции, такие как нахождение площади и объема, минимального и максимального значения, а также функцию косвенного измерения длин, позволяющуюя измерить длину, если, например, между двумя точками стоит колонна. На сегодняшний серию dle постепенно заменяет серия glm с приборами glm 50, glm 80, glm 150 и glm 250. Однако ничему не противоречит использование дальномеров предыдущей серии в качестве прототипов при разработке подводных лазерных приборных устройств.

Требования к дальномеру для работы под водой

1.Дистанционное управление дальномером

Для реализации удаленного управления дальномером расмотрим два способа:

1.1. Включить параллельно с существующими кнопками дополнительные кнопки, вынесенные на некоторое расстояние от устройства.

Преимущества:

- легкость реализации.

Недостатки:

- необходимость использования для каждой кнопки отдельного провода;
- трудность в снятии результатов измерения с дальномера.

1.2. Перепрограммировать дальномер для использования внешней шины данных для передачи команд и данных измерения.

Преимущества:

- уменьшение количества проводов;
- возможность легкого подключения к внешним устройствам, которые могут получать результаты измерения и передавать команды дальномеру.

Недостатки:

- относительно более высокая сложность реализации, чем первого способа.

2.Получение результатов измерения от дальномера.

2.1. Использование дополнительного LCD дисплея, подключенного параллельно со штатным дисплеем дальномера.

Преимущества:

- относительная простота реализации.

Недостатки:

- необходимость дополнительного дисплея;

- невозможность использования в автоматических системах управления.

2.2. Подключение, параллельно с дисплеем дальномера, устройства, способного преобразовывать сигналы, передаваемые дисплею в цифровой вид для передачи в автоматизированную систему.

Преимущества:

- возможность использования в автоматических системах.

Недостатки:

- сложность в реализации, так как необходима разработка дополнительного устройства;
- использование дополнительного устройства, усложняющего конструкцию и способного, как следствие, уменьшить надежность.

2.3. Установка камеры, снимающей изображение дисплея, и распознавание результатов измерения с помощью специального программного обеспечения.

Преимущества:

- нет необходимости в аппаратном вмешательстве в устройство дальномера, так как все функции выполняет программное обеспечение.

Недостатки:

- внешний тип используемого устройства
- необходимость выполнения ресурсоемких операций распознавания результатов измерения на изображении.

2.4. Перепрограммирование контролера, установленного дальномера, чтобы сделать возможным использование внешней шины данных для передачи результатов измерения.

Преимущества:

- Простота в использовании с автоматическими системами;
- Уменьшение количества проводов;
- Более высокая надежность, по сравнению с остальными способами, так как не требуется использовать дополнительные устройства.

Недостатки:

- Необходимость написания альтернативной прошивки.

3.Внесение изменения в прибор для работы под водой.

Для обеспечения возможности работы данного прибора под водой необходимо внести следующие изменения:

1. Сделать возможным удаленное управление;
2. Сделать возможным дистанционное снятие данных;

3. Произвести герметизацию прибора;
4. Внести изменения в алгоритм работы прибора для перехода от скорости света в воздухе к скорости света в воде.

Пп. 1 и 2 можно достичь несколькими способами, представленными выше. (Раздел 1 и 2)

Для выполнения п. 3 предполагаю изготовление пластикового кейса (Рис.1) или использование кейса для подводной съемки.

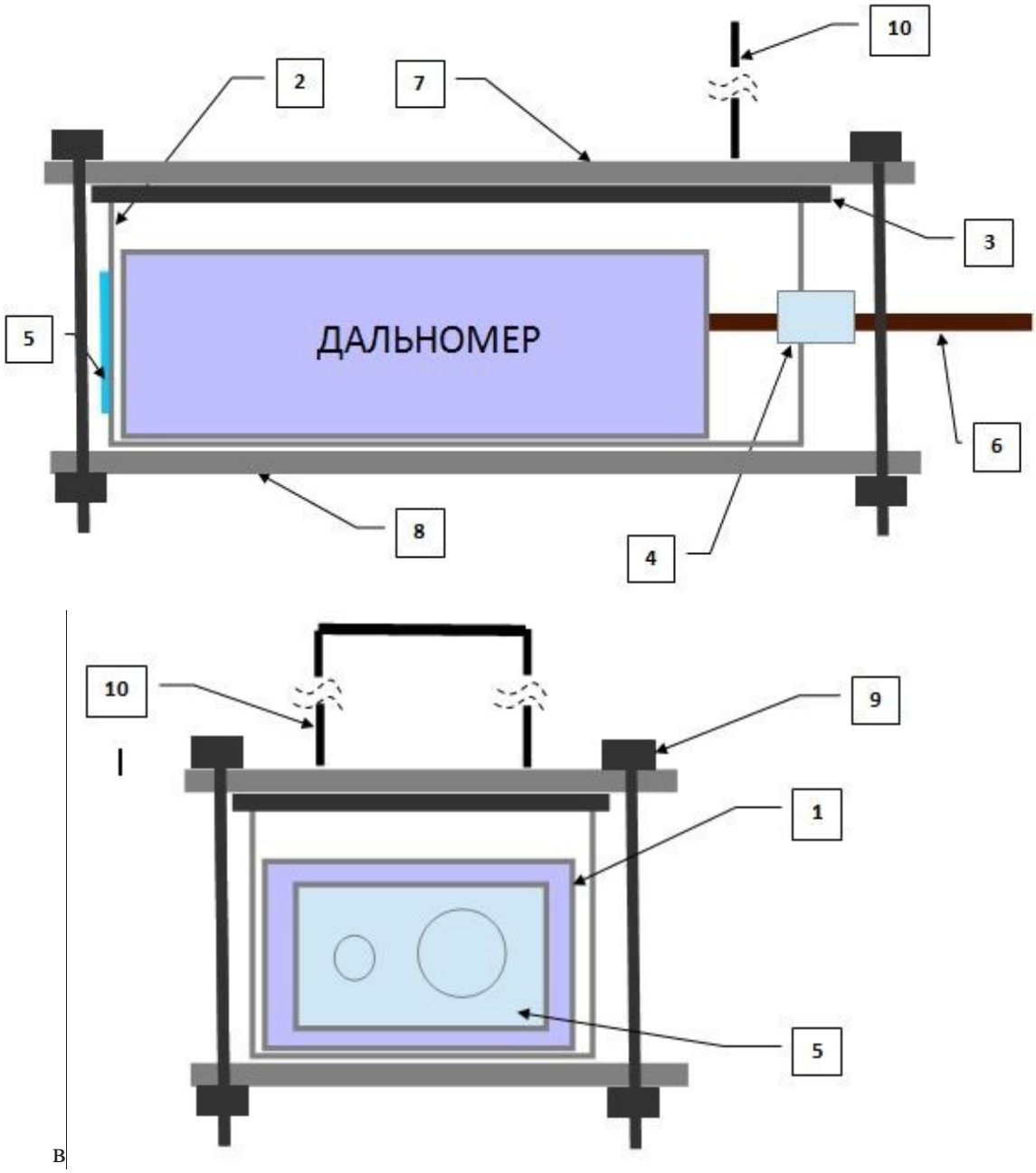

Рис. 1. Схема гермобокса

Для проведения испытаний дальномер (**1**) помещается в пластиковый герметичный бокс(**2**), бокс оборудован съемной крышкой(**3**), стеклом(**5**) и втулкой(**4**) для ввода управляющего провода(**6**). Бокс с дальномером помещается между верхней(**7**) и нижней(**8**) пластинами и фиксируется между ними четырьмя болтами(**9**). Дополнительный внешний каркас позволяет обеспечить необходимую фиксацию бокса при проведении испытаний под водой, обеспечивает дополнительный прижим герметичной крышки(**3**), а также обеспечивает всю конструкцию необходимым весом для погружения в воду. Кроме того к верхней пластине (**7**) при необходимости могут закрепляться удлиненные ручки **(10)** для управления конструкцией во время испытаний под водой.

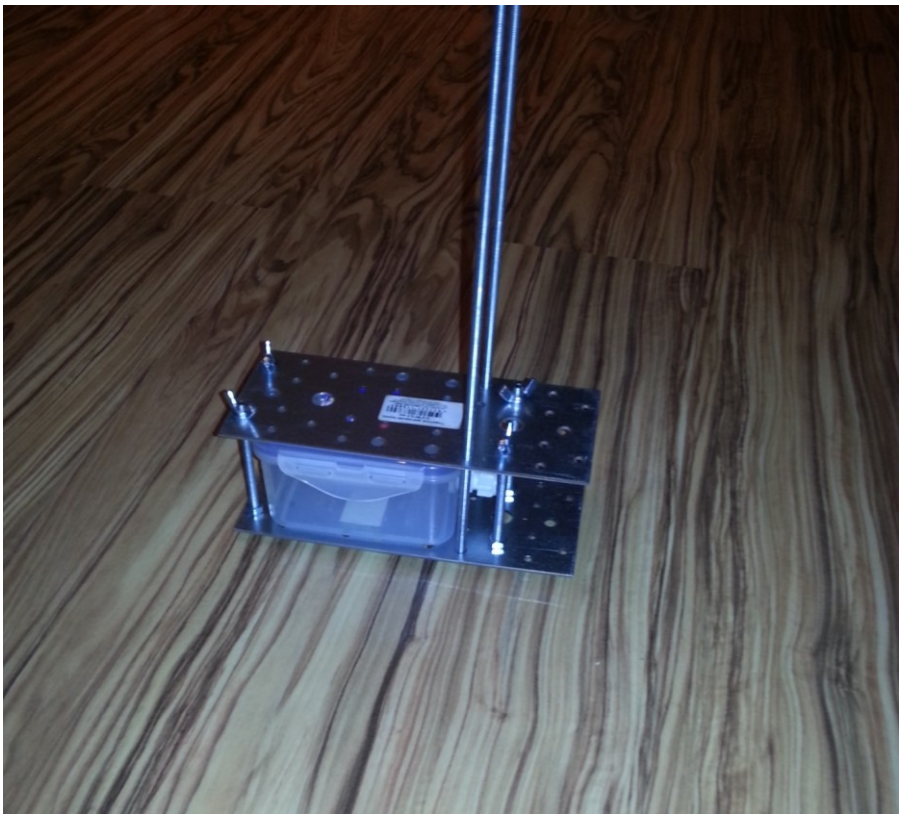

Рис. 2. Лазерный дальномер в герметичном боксе с штангами регулирования глубины

Для выполнения 4 пункта необходимо внести изменения в прошивку.

Скорость света в среде, длина волны и частота находятся в следующей зависимости:

$V=\lambda * \nu$, где v – скорость волны, λ – длина волны, ν – частота волны.

Следовательно, при изменении скорости изменяется соотношение между частотой и длиной волны. В приборе генерируется лазерный луч определенной частоты и жестко заложены длины волн, соответствующие каждой частоте и все вычисления проводятся с

этими длинами волн. Чтобы решить проблему несоответствия частоте определенной длины волны, возможно, пойти тремя путями:

- Изменить длины волн, заданные в программе устройства, так чтобы они соответствовали реальным длинам генерируемых устройством волн
- Изменить частоты, генерируемой устройством волны, так чтобы реальные длины волн были равны заданным длинам в программе устройства.
- Разделить конечный результат измерения дистанции на коэффициент преломления воды.

Из-за особенностей программы прибора проще пойти последним путем, то есть изменить конечный результат.

Общий вывод:

Проанализировав все выше сказанное, можно сделать вывод, что для решения пунктов 1,2 целесообразнее использовать внешнюю шину данных, так как для решения по пункту 4, в любом случае необходимо вносить изменения в прошивку. Еще одним преимуществом данного решения является использование меньшего количества гермовводов проводов, а, следовательно, упрощение технической задачи герметизации устройства.

Изменения, вносимые на аппаратном уровне.

К отладочным контактным площадкам дальномера были присоединены провода для подключения дальномера к программатору. Для этого был снят корпус с дальномера и к печатной плате были припаяны провода. Для управления и передачи результатов измерений на компьютер дальномер использует uart. Для подключения дальномера к компьютеру используется четыре провода. По двум подается питание, а другие два используются на нужды uart. Данные четыре провода подключаются к конвертору, который при помощи интерфейса usb подключается к компьютеру. (Рис.3)

Рис. 3. Сборка и подключения на воздухе лазерного дальномера, конвертера usb-uart и программатора

Программное обеспечение

В процессе разработки была произведена доработка прошивки дальномера с целью добавления возможности удаленного управления и снятия результатов, а также произведен переход от скорости света в воздухе к скорости света в воде. Была использована открытая прошивка для данного дальномера, доработанная для нужд проекта. В результате было уменьшено количество зависаний прибора, которые происходили из-за ухода программы в бесконечный цикл. Для этого были использованы инструменты для отладки, который позволили обнаружить данные бесконечные циклы. Также были внесены изменения, необходимые для нормальной работы под водой. Для этого конечное значение дистанции делится на отношение коэффициента преломления в воде к коэффициенту преломления в воздухе.

Также было разработано программное обеспечение (Рис.4) для компьютера, которое считывало данные с дальномера и посылало команды.

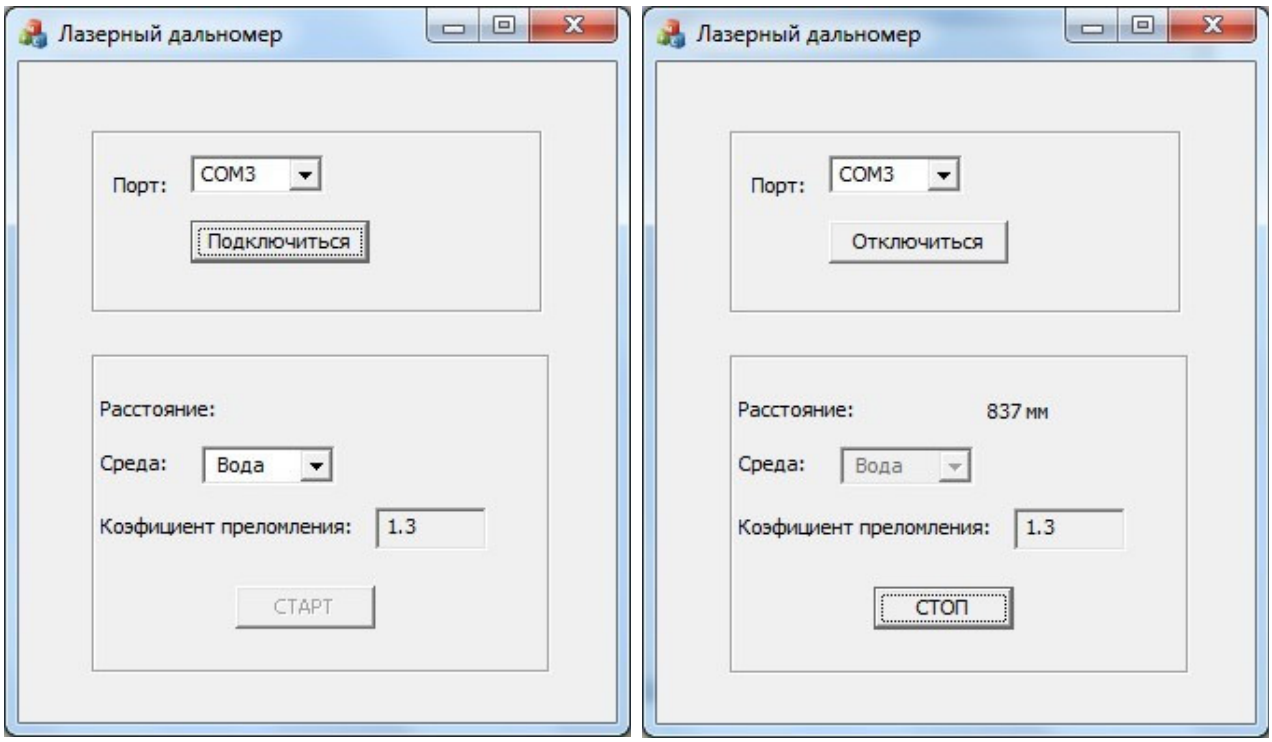

Рис.4. Приложение для управления лазерным дальномером

Заключение

В результате данной работы был получен действующий опытный образец лазерного подводного дальномера, способный получать команды и отправлять результаты измерений по протоколу usb на компьютер. Такое устройство может непосредственно по протоколу uart связываться с другими устройствами, что делает перспективным его использование в различных автоматизированных системах.

Предварительные испытания показали достаточную точность и дальность измерений, что делает возможным использование прибора в других проектах.

Список литературы

1. Подводные технологии и средства освоения Мирового океана.-М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2011. - 780 с.
2. Remotely Operated Vehicle of the World.-London England/ Houston USA: Clarkson research servises limited, 2010/2011/ 9th edition.-429 p. ROV.
3. Методы дальнометрирования. Фазовый дальномер// http://burevic.livejournal.com/3437.html (дата обращения: 21.10.2012).