

УДК 550.3

**Ю. В. Яблокова, В. В. Вазнис, А. Э. Сиренко, О. А. Колигаев**

## **Аппаратное и программное обеспечение систем управления автономными надводными аппаратами для геофизических инженерных исследований на акваториях**

*Исследовано применение автономных надводных необитаемых аппаратов (АНА) при решении инженерных задач. Отмечена актуальность и необходимость разработки автономных надводных аппаратов. Представлена модель разрабатываемого аппарата данного класса и программно-аппаратные средства его управления. Проведены предварительные испытания.*

*Ключевые слова: автономные необитаемые надводные аппараты, геофизические инженерные исследования, ШИМ-генератор, программное обеспечение.*

### **Об авторах**

**Яблокова Юлия Викторовна** – аспирант кафедры общей и прикладной геофизики Государственного университета «Дубна». Инженер АО «НИИ «Атолл», г. Дубна. 141980 Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19. Кафедра общей и прикладной геофизики. *E-mail: yulia.yablockowa@yandex.ru.*

**Вазнис Виктор Валерьевич** – аспирант кафедры персональной электроники Государственного университета «Дубна». Инженер ООО «ЛПИТ «Инфрад», г. Дубна. *E-mail: irlawkaa@mail.ru.*

**Сиренко Анна Эркиновна** – аспирант кафедры общей и прикладной геофизики Государственного университета «Дубна», младший научный сотрудник АО «НИИ «Атолл», г. Дубна. *E-mail: ann-3110@yandex.ru.*

**Колыгаев Олег Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры общей и прикладной геофизики Государственного университета «Дубна». *E-mail: koligaev@mail.ru.*

Геофизические исследования на акваториях представляют большой интерес для решения инженерных задач [3].

К этим задачам можно отнести:

- гидролокацию бокового обзора (ГЛБО),
- батиметрическую съемку при помощи однолучевого и многолучевого эхолота,
- профилометрию скорости звука и температуры воды,
- магнитометрию.

Такие работы могут проводиться в целях:

- контроля за положением и состоянием инженерных сооружений (в т.ч. трубопроводов);
- мониторинга экологической обстановки;
- мониторинга состояния дна водоема на предмет наносов, выносов, заиливания;
- определения зон работы дноуглубительной техники;

– определения мест установки гидроакустического и другого специального оборудования.

Проведение работ на акватории (профилометрия, ГЛБО-съемка, батиметрия) требует определённых людских и временных ресурсов (затрат на подготовку и снаряжение судна, покупку ГСМ и др.), иногда нецелесообразных с результатами решения одной небольшой задачи.

Также существуют ограничения, связанные с безопасностью судоходства: ограниченный период навигации, тёмное время суток, волнение, необходимость соблюдать запретные для плавания зоны вблизи ГЭС. Также подходы к воде могут быть затруднены, например, в гористой местности или из-за высоких отвесных стен гидроустройств.

Автономные аппараты, обладающие небольшим весом, размерами и энергопотреблением, управляемые программно или по радиоканалу, позволили бы минимизировать многие из указанных проблем, проводить измерения на воде в труднодоступных

местах и исключить влияние большого корпуса судна при магнитометрии [4].

Разрабатываемый аппарат относится к классу надводных автономных [2]. Однокорпусный самодвижущийся плавучий аппарат с радиоуправлением или программным управлением может применяться для широкого круга задач на небольших участ-

ках акваторий (рис. 1). Судно представляет собой универсальный носитель для таких устройств, как эхолот и магнитометр, и позволяет проводить работы по батиметрической и магнитометрической съемке в автономном режиме, сводя действия оператора к минимуму.



Рис. 1. Модель однокорпусного судна, подготовка к ходовым испытаниям

Ниже приведены технические характеристики разрабатываемого судна:

- питание от аккумуляторов;
- два электродвигателя;
- водоизмещение – 10 кг;
- длина – 1,2 метра;
- работа с эхолотом + *GPS*;
- время расходования аккумуляторов – 1 час;
- радиосвязь с берегом;
- радиомодем для передачи информации;
- программное обеспечение;
- считывание с гидрофонов (носовой и кормовой).

Для обследования небольших акваторий надводный аппарат позволяет выполнять следующие задачи:

- беспилотное следование по маршруту, заданному на берегу;
- буксирование имитатора цели (электронного устройства);
- несение на борту комплекта оборудования (ГЛОНАСС, компьютер, эхолот, приемо-передатчик).

На данный аппарат можно возложить дополнительные задачи, такие как:

- фото и видеосъемка объектов с воды;
- использование в качестве носителей гидроакустических маячков-ответчиков (движущихся целей);
- определение местоположения подводных объектов гидроакустическими методами.

Рассмотрим практический пример решения последней задачи.

Для электроразведки на мелководье по методу *CSEM* (буксируемый источник импульсного тока и неподвижные приёмные станции на дне) необходима система позиционирования. Подсистема позиционирования предназначена для точного определения местоположения электроразведочных станций, сбрасываемых с судна, на дне. Она состоит из гидроакустических маячков-ответчиков на донных электроразведочных станциях и приёмо-излучателей на плавучих буях (рис. 2). Положение донных станций вычисляется методом триангуляции по измеренному времени задержки ответа донной станции на запрос радиобуя. Радиобуй опре-

деляет свои собственные координаты по GPS-модулю. Буи связаны по радиоканалу с берегом, где находится управляющий ком-

пьютер с прикладным программным обеспечением (ПО).



Рис. 2. Транспортировка буя за ботом

В простейшем случае для определения положения донной станции триангуляционным методом можно пользоваться одним радиобуем, который сбрасывается в трёх разных точках (при этом донная станция неподвижна) [1].

Однако наилучшим решением этой задачи было бы использование вместо бросаемых буёв (одного или нескольких) самоходного автономного аппарата, который в программном режиме выходил бы в заданные оператором точки, тогда по нескольким замерам оператор мог бы определять положение целого кластера подводных донных станций.

Авторами был разработан комплект программ АПЛ, состоящий из двух частей: «АПЛ\_автоном», установленной на автономном надводном аппарате и «АПЛ\_берег», установленной на управляющем компьютере берегового поста.

«АПЛ\_автоном» получает и расшифровывает текущие GPS-координаты, получает формуляры откликов от маячков-ответчиков, накапливает полученную информацию и передаёт по радиоканалу на берег (рис. 3).

Программа «АПЛ\_берег» принимает по радиоканалу информацию от буя, отображает положение радиобуя на карте, записывает получаемые данные в файлы, вычисляет по нескольким замерам положение донной станции (рис. 4).

Разработанный комплекс программ «АПЛ» постоянно модернизируется в целях повышения надёжности и контроля за параметрами систем энергопитания автономного аппарата, самодиагностики, расширения класса задач при подключении дополнительного измерительного оборудования, и главное – управления движением перспективных аппаратов по заданным маршрутам. В дальнейшем планируется использование разработанного ПО и на аппаратах подводного класса [5].

АНА должен двигаться по предварительно заданной траектории. Управление АНА осуществляется путем подачи напряжения различной величины на управляющие винты. Реализовать такой метод возможно посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ) через выходы звуковой платы, используя правый и левый стереоканал.

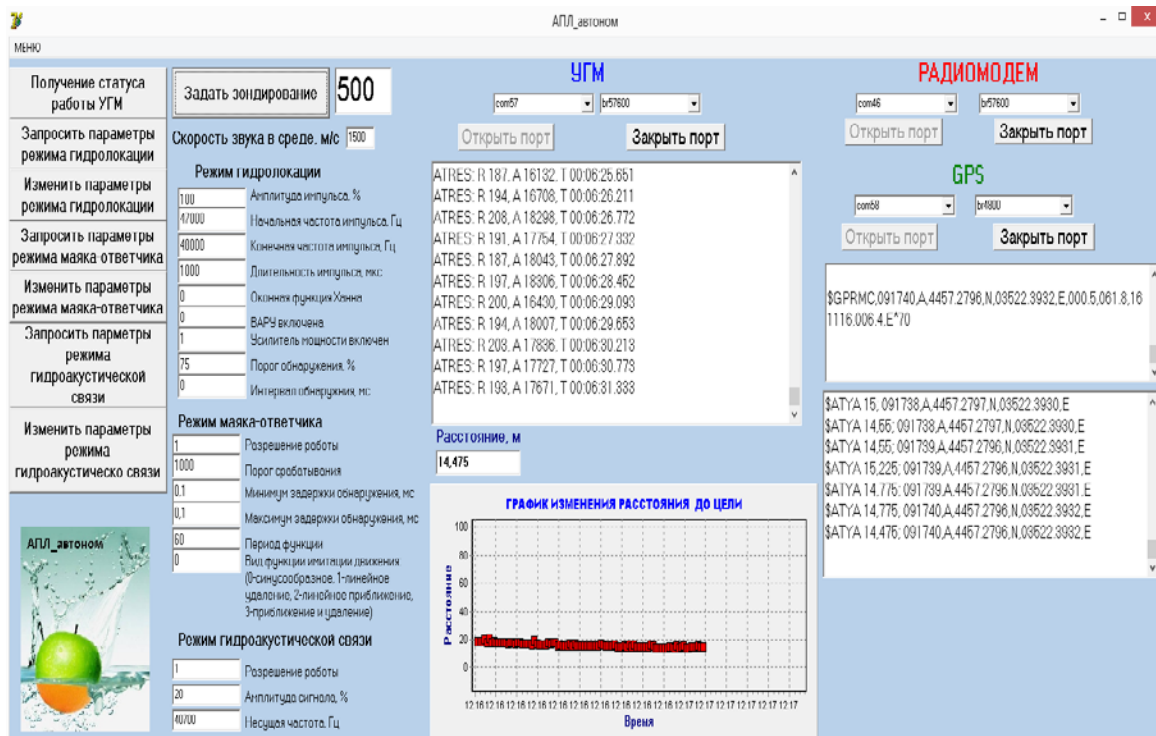


Рис. 3. Пользовательский интерфейс программы АПЛ автономной части

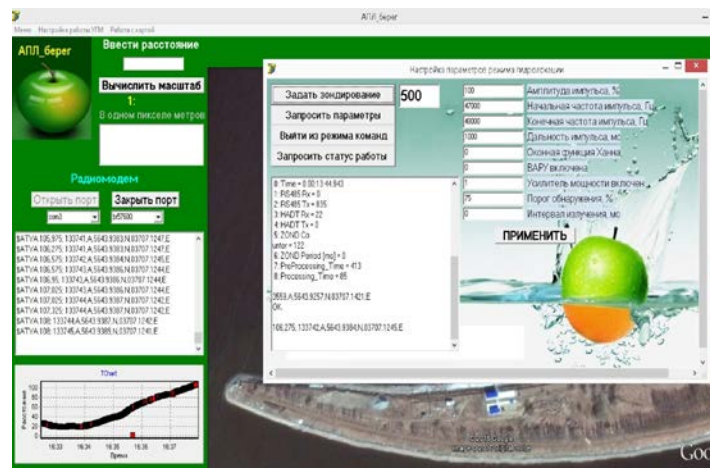


Рис. 4. Пользовательский интерфейс программы «АПЛ\_берег»

Разработанное ПО «АПЛ\_берег» позволяет совмещать в себе ШИМ-генератор и интерактивную систему навигации АНА (рис. 5). Движение осуществляется по маршрутным точкам, отмеченным оператором на карте акватории. АНА перемещается от точки к точке, а именно: по электронному компасу, встроенному в АНА, определяется азимут, по которому аппарат движется до

«пяточка» – пространству около точки, размер которого определяется точностью работы системы позиционирования.

Управление ШИМ осуществляется через интерфейс программы «АПЛ\_берег».

Связь берегового поста оператора и АНА происходит по радиоканалу.

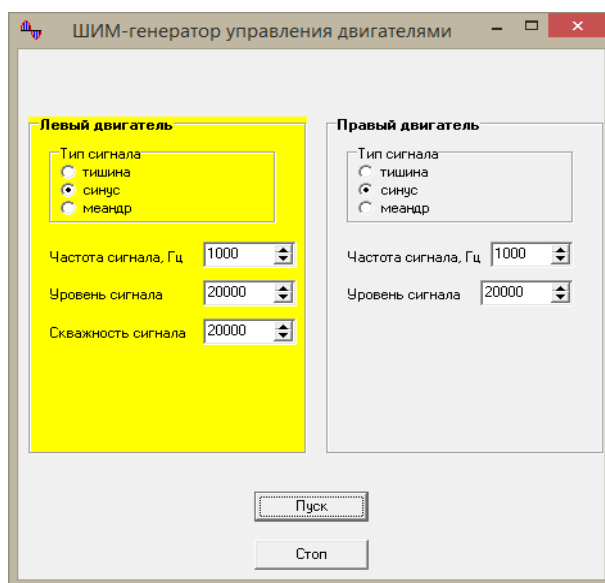


Рис. 5. Окно управления двигателями

### Выводы

Использование автономных надводных аппаратов для геофизических инженерных исследований на акваториях позволяет расширить инструментарий исследователя (инженера), уменьшить влияние различных ограничений при работе на акватории, минимизировать временные, экономические затраты, исключить влияние помех корпуса судна, а также проводить мониторинг акваторий в труднодоступных местах.

В результате проведенных в 2015–2016 гг. теоретических и экспериментальных работ получены следующие результаты:

- определен круг инженерных геофизических задач, которые можно эффективно решать с помощью автономных надводных аппаратов;

- определены условия работы аппаратов: тип и параметры акваторий, режим работы на акватории, климатические и другие особенности;

- разработан и испытан макет автономного надводного аппарата для проведения геофизической съемки в автоматическом режиме;

- написан комплект программного обеспечения для съема, хранения, передачи и отображения геофизической и другой информации от автономных аппаратов;

- разработаны макеты и проведены бассейновые и ходовые испытания корпусов опытных автономных самоходных аппаратов.

Дальнейший план работ по теме состоит в развитии базы физических носителей оборудования и проведении осенью 2016 г. программно-аппаратных и ходовых испытаний моделей судов на различных акваториях для накопления опыта, анализа результатов и дальнейшего синтеза надводных автономных аппаратов для геофизических инженерных исследований.

### Библиографический список

1. Дмитриев В.И., Григорян В.Л., Катенин В.А. Навигация и лоция. М.: Академкнига, 2004. 471 с.

2. Ляхов Д.Г., Ким А.И., Минаев Д.Д. Разработка и испытания сверхмалого телеуправляемого корабля // Подводные исследования и робототехника. 2014. № 1(17). С. 48–57.

3. Магницкий В.А. Общая геофизика. М.: Изд-во МГУ, 1995. 317 с.

4. Матвиенко Ю.В., Борейко А.А., Костенко В.В., Львов О.Ю., Ваулин Ю.В. Комплекс робототехнических средств для выполнения поисковых работ и обследования подводной инфраструктуры на шельфе // Подводные исследования и робототехника. 2015. № 1(19). С. 4–15.

5. Яблокова Ю.В., Сиренко А.Э. Автономные надводные аппараты для геофизических инженерных исследований на акваториях // Материалы XIV молодежной научно-технической конференции «Взгляд в будущее – 2016. Санкт-Петербург, 2016. 648 с.

*Поступила в редакцию  
23.09.2016*