

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 629.58

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА  
“СУПЕР ГНОМ ПРО” ДЛЯ МОНИТОРИНГОВЫХ РАБОТ  
В КАСПИЙСКОМ МОРЕ

© 2018 г. Б. Я. Розман<sup>1</sup>, А. В. Ёлкин<sup>1</sup>, А. С. Капцов<sup>1</sup>, И. Д. Ермаков<sup>2</sup>, Д. И. Ермаков<sup>3</sup>,  
В. Г. Краснов<sup>3</sup>, Л. С. Кондрашов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Каспийский филиал Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Астрахань, Россия

<sup>3</sup>ООО “Акваспецсервис”, Астрахань, Россия  
e-mail: borisdrug@mail.ru

Поступила в редакцию 16.03.2016 г., после доработки 06.02.2017 г.

Приводится описание и характеристики малогабаритного телеуправляемого подводного аппарата “Супер ГНОМ Про”. Рассматриваются основные технические нововведения и модернизации комплекса, а также причины и цели данных усовершенствований. Оценка нововведений проводилась во время экспедиционных работ в Северной части Каспийского моря в 2016 г. Тестирование аппарата показало хороший результат проведенных модернизационных работ. Дальнейшей модернизацией является установка заглубляемого термометра для измерения термального фона придонного грунта и подводного дозиметра-радиометра для оценки радиационного фона акваторий.

DOI: 10.7868/S003015741801015X

Тысячи лет прошли от первых свободных погружений до появления первых подводных лодок. На протяжении всего этого времени человек шаг за шагом создавал средства для проникновения в моря, реки и озера. В наши дни ученые, исследователи и инженеры совершенствуют возможности подводной техники и в том числе – телеуправляемых и автономных необитаемых подводных аппаратов, получивших широкое признание во всем мире. Стоит отметить, что наиболее интенсивно развивается разработка телеуправляемых подводных аппаратов (далее – ТПА), способных выполнять практически все виды подводно-технических работ [1]. И все более очевидными становятся преимущества ТПА по сравнению с водолазными методами работ.

Начиная с 2006 г. Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) проводит мониторинговые работы на акватории Северного Каспия в местах поисково-оценочного бурения. Работы по разведке, поиску и оценке запасов углеводородного сырья ведут несколько российских нефтяных компаний, имеющих лицензионные участки на шельфе Каспия. Некоторые лицензионные участки находятся в районах, имеющих рыбохозяйственное значение как места обитания и нагула промысловых рыб. Работы на данных участках предусматривают широкий круг деятельности, оказывающей влияние на экосистему моря. В соответствии с требованиями Ростехнадзора [6] пользователи недр с определенной периодичностью проводят работы по оценке фактического

воздействия на морскую среду своей деятельности, проводимой на шельфе. Мониторинговые работы включают в себя комплекс технологических и экологических исследований.

Основной задачей таких исследований является детальная фото- и видеосъемка технических и биологических особенностей мест наблюдений. Выполнение данной работы возможно как с применением водолазного труда, так и с помощью телеуправляемых подводных аппаратов (ТПА). Институт океанологии работает над минимизацией применения водолазного труда путем использования ТПА “Супер ГНОМ Про”, разработанного и изготовленного Институтом океанологии и ООО “Индэл-Партнер” [4].

ТПА “Супер ГНОМ Про” (рис. 1) относится к семейству малогабаритных телеуправляемых подводных аппаратов “ГНОМ”. Современные компьютерные и телекоммуникационные технологии на базе последних достижений микроэлектроники и высокочастотной техники позволили значительно уменьшить размеры подводных аппаратов, потребляемую мощность, обеспечить автономное питание и простоту управления. Основная функция аппаратов семейства ГНОМ – проведение подводных поисково-осмотровых и обследовательских работ на глубинах до 200 м. Отличительными чертами являются легкость транспортировки, простота использования, быстрое развертывание и высокая маневренность. Малые габариты позволяют осматривать подводные объекты



Рис. 1. Подводный аппарат ТПА “Супер ГНОМ Про”.

не только снаружи, но и проникать внутрь. Питание ряда моделей от аккумуляторной батареи и встроенный плоский жидкокристаллический монитор обеспечивают полную автономность работы. Проводить подводные осмотры можно с маломерных судов, яхт и обыкновенных лодок.

ТПА “Супер ГНОМ Про” – это наиболее оснащенный аппарат для профессионального использования с широким набором дополнительного оборудования.

Подводный телеуправляемый обзорный комплекс (ПТОК) “Супер ГНОМ Про” состоит из следующих элементов (рис. 2):

1. Подводный аппарат “Супер ГНОМ Про” (рабочая глубина 150 м);
2. Катушка развешивания кабеля, скользящий контакт;
3. Блок питания и управления.

Основные технические характеристики ТПА “Супер ГНОМ Про”:

Максимальная рабочая глубина  
 Размеры (ДхШхВ)  
 Вес системы на воздухе / Общий вес  
 Крейсерская скорость (вперед)  
 Боковая скорость  
 Тяга горизонтальная  
 Видеокамера (кол-во/модель)  
 Наклон камеры  
 Манипулятор  
 Гидроакустическая навигационная система  
 Осветители  
 Электропитание  
 Потребляемая мощность

За период работы ТПА “Супер ГНОМ Про” зарекомендовал себя как надежный, практичный и очень безопасный инструмент проведения подводных обзорных работ.

На протяжении всего времени работы с ТПА принимались и реализовывались новые технические решения, позволяющие проводить исследования более точно, оптимально и комфортно. К таким нововведениям относятся:

- увеличение габаритных размеров аппарата, позволяющее более инертно реагировать на подводные течения и волны;
- увеличение мощности двигателей, вследствие чего увеличивается тяговое усилие аппарата, а также уменьшается возможность забивания винтов и осей водорослями;
- установка манипулятора для захвата объектов;
- установка второй видеокамеры для работы непосредственно с манипулятором;
- установка лаговых двигателей, позволяющих вести панорамную съемку крупного объекта;
- установка системы позиционирования для отслеживания фактических координат аппарата и поиска объектов по заданным координатам.

Последние работы по модернизации ТПА проводились инженерами предприятия-изготовителя и ООО “Акваспецсервис” по рекомендации операторов ТПА КФ ИО РАН. Эти работы включали в себя замену пульта управления Logitech (рис. 3) на цифровую радиоаппаратуру с системой телеметрии FrSky 2.4GHz ACCST TARANIS X9D (рис. 4).

Одной из важнейших причин перехода на данную аппаратуру стало требование к плавности управления ТПА. Это требование особенно актуально при проведении видеосъемки объектов под водой. Для получения качественного видеоматериала необходимо обеспечить плавное, с минимальными ускорениями движение видеокамеры аппарата как в горизонтальной и вертикальной плоскости, так и вокруг вертикальной оси. Особенно сложные условия управления аппаратом возникают при наличии подводного течения в месте

до 150 м (опционально 300 м)  
 450 мм х 300 мм х 300 мм  
 12 кг / 70 кг  
 до 4-х узлов  
 до 0,5 узлов  
 12 кгс  
 2 шт. Sony Super HAD2 CCD  
 +/- 50°  
 одностепенной  
 MicronNav  
 сверхяркие светодиоды белого свечения  
 сеть 220В, 50 Гц  
 2 кВт



Рис. 2. Элементы ПТОК “Супер ГНОМ Про”.

расположения исследуемого объекта. Даже небольшая величина течения усложняет процесс удержания ТПА на месте из-за значительной парусности кабеля управления и самого аппарата. Все вышесказанное также относится к работе с манипулятором ТПА при захвате подводных объектов.

Применение аппаратуры Taranis FrSky перед джойстиком Logitech имеет следующие преимущества:

- благодаря подшипниковым креплениям ручек и увеличению длины их хода (вперед-назад, влево-вправо) значительно увеличилась плавность управления ТПА;



Рис. 3. Джойстик Logitech от игровой приставки.



Рис. 4. Радиоаппаратура Taranis FrSky.

- цифровая настройка зависимости положения ручки управления передатчика от оборотов двигателя. Эта зависимость может быть как линейной, так и нелинейной. Именно нелинейность дает возможность плавно регулировать обороты двигателя ТПА;

- возможность управления функцией ТПА отдельным каналом (тумблером) на передатчике. В связи с этим отпадает необходимость использования комбинации каналов (микширование). Технические возможности данной аппаратуры позволяют использовать 16 каналов, что будет достаточно для управления всеми функциями ТПА;

- высокая мощность передатчика позволяет управлять ТПА через металлические переборки судна;

- новейшее программное обеспечение с открытым исходным кодом (Open TX) позволяет оператору ТПА произвести настройку всей системы “под себя”;

- реализуемая в аппаратуре телеметрия удобна при управлении аппаратом на поверхности и при начале погружения (курс, глубина, работа вертикальных двигателей и др.).

Для замены аппаратуры Logitech на Taranis FrSky был изготовлен приемник радиосигнала, поддерживающий цифровой протокол FrSky, который заменил имеющийся в наземном блоке управления ТПА приемник Logitech. Кроме чисто технических преимуществ, операторы ТПА отмечают удобство самого пульта управления. Держать такой пульт в руках намного удобней. Несмотря на большое количество тумблеров, удобное их расположение позволяет управлять всеми ими с легкостью. Нашейный ремень передатчика освобождает руки при спуске ТПА в воду.

Работа ТПА с интегрированной радиоаппаратурой Taranis FrSky в тестовом режиме проводилась в северной части Каспийского моря. Объектами наблюдения были донно-пелагические биостанции системы стационарного экологического мониторинга, установленные институтом океанологии в Северной части Каспийского моря (рис. 5).

В результате проведенных наблюдений получены качественные фото- и видеоматериалы как общего (панорамного) плана (рис. 6), так и детальные съемки отдельных элементов конструкций. Установленная дублирующая видеочка GoPro позволила получить видеоматериалы HD-качества.



Рис. 5. ТПА “Супер ГНОМ Про” при обследовании донно-пелагической станции.



Рис. 6. ТПА “Супер ГНОМ Про” при обследовании донного ландшафта.

Первые результаты проведенных испытаний показали хорошие эксплуатационные результаты модернизированного ТПА “Супер ГНОМ Про”. Операторы и инженеры изготовителя и эксплуатирующих организаций продолжают работы по освоению новой системы управления. Конструктора планируют осуществить привязку к системе типового приемника FrSky X8R для повышения ремонтпригодности поверхностного блока.

В 2016 г. функционал выполнения подводно-технических работ аппарата расширился. Для оценки термального фона поверхностного слоя грунта была разработана конструкция, позволяющая забуривать подводный термометр в грунт и тем самым производить измерение температуры.

Намечена и другая модернизация аппарата – установка герметичного бокса с дозиметром-радиометром и выводом информации на экран оператора для оценки радиационного фона. Данная модернизация позволит использовать аппарат и получать необходимые данные в условиях с повышенной радиацией.

Помимо этого ведется разработка нового канала передачи данных и видео, позволяющего получать две картинки одновременно на одном (с квадратом) или двух мониторах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Войтов Д.В.* Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты. М.: МОРКНИГА, 2012. С. 7–40.
2. *Комолов М.В., Мысливец И.В., Елкин А.В. и др.* Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты ТНПА Супер ГНОМ ПРО-2 – продолжение линии мощных мини-роботов // В тр. XII Межд. научно-технической конференции Современные методы и средства океанологических исследований. М.: ИО РАН, 2012. 147 с.
3. *Северов С.П., Розман Б.Я., Елкин А.В.* Малые подводные аппараты в инженерной океанологии и океанотехнике // В тр. VIII Межд. научно-технической конференции Современные методы и средства океанологических исследований. М.: ИО РАН, 2009. 201 с.
4. “ГНОМ” на глубине, Морской информационный портал “Корабел.ру”, [www.korabel.ru/news/comments/gnom\\_na\\_glubine.html](http://www.korabel.ru/news/comments/gnom_na_glubine.html)
5. Телеуправляемый подводный аппарат ГНОМ, <http://www.gnomrov.ru>
6. «Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности “Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности”, утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 марта 2013 г. № 101» с изменениями от 12.01.2015 г.

### Upgrade of ROV Super-Gnom-Pro for Underwater Monitoring in Caspian Sea

**B. Ya. Rozman, A.V. Elkin, A.S. Kaptsov, I.D. Ermakov, D.I. Ermakov, V.G. Krasnov, L.S. Kondrashov**

The description and characteristics of the small-size remotely operated underwater vehicle “Super GNOME pro” is provided. The main technical innovations and upgrades of a complex, and also the reason and the purpose of these enhancements are considered. Assessment of innovations was carried out during forwarding operations in Northern part of the Caspian Sea in 2016. Testing of the device showed good result of the carried-out modernization operations. Further upgrade are installation of the buried thermometer for measurement of a thermal background of benthonic soil and the underwater dosimeter radiometer for assessment of a radiation background of water areas.