



Южный
федеральный
университет



Технологический институт
Южного федерального
университета
в г. Таганроге

ИЗВЕСТИЯ

- *Мультиагентные системы*
- *Навигация и наведение*
- *Наземная робототехника*
- *Морская робототехника*
- *Беспилотные летательные аппараты*
- *Информационно-алгоритмическая поддержка систем управления*

Тематический выпуск
Перспективные системы
и задачи управления

ЮФУ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Г.О. Котнев, В.А. Горелов ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ПО КОЛЕСАМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....	124
З.В. Нагоев, М.И. Анчѣков СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОСТОЙЧИВОСТЬЮ ОДНООСНОГО РОБОТА-САПЕРА.....	128
А.С. Али, Р.В. Федоренко, В.А. Крухмалев СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ КОЛЕСНЫМ РОБОТОМ СКИФ-3 ДЛЯ АПРИОРИ НЕФОРМАЛИЗОВАННЫХ СРЕД.....	132
В.М. Полушкин СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	143
РАЗДЕЛ IV. МОРСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА	
И.В. Лысенко, А.И. Птушкин, Б.В. Соколов СИНТЕЗ КОМПЛЕКТА ЗИП СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ПОЗИЦИЙ ГОЛОВНОГО РАЗРАБОТЧИКА.....	149
В.Х. Пшихонов, С.Я. Суконкин, Д.Ш. Нагучев, В.В. Стракович, М.Ю. Медведев, Б.В. Гуренко, В.А. Костюков, Ю.П. Волощенко АВТОНОМНЫЙ ПОДВОДНЫЙ АППАРАТ «СКАТ» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОИСКА И ОБНАРУЖЕНИЯ ЗАИЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	153
А.В. Инзариев, Л.В. Киселев, Ю.В. Матвиенко НАВИГАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ.....	164
В.Ю. Волощенко, Г.В. Куповых МНОГОЧАСТОТНЫЙ КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ ЛАГ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИИ АВТОНОМНЫХ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	170
В.Ю. Занин ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ (ТПА) СО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ И НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПЛАВСРЕДСТВ.....	179
РАЗДЕЛ V. БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ	
В.Х. Пшихонов, М.Ю. Медведев СИНТЕЗ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ.....	187
Р.И. Балабаев АНАЛИЗ УПРАВЛЯЕМОСТИ И СИНТЕЗ АВТОПИЛОТОВ САМОЛЕТА-АМФИБИИ.....	197
О.Г. Оснев, Р.А. Нейдорф ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЛОЖНОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	203

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Богородский В.В., Яковлев Г.В., Коретин Е.А., Должиков А.К.* Гидроакустическая техника исследования и освоения океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 263 с.
2. <http://www.simbria.ru/ru/page.php?eq=sonars&id=spsrg>
3. *Волощенко В.Ю.* Вопросы исследования акустических сигналов высших гармоник для модернизации рыбопоисковой аппаратуры (часть 1) // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. – 2007. - № 2. – С. 38-42.
4. <http://www.simbria.ru/ru/page.php?eq=sounders&id=v138>
5. *Акустика океана / Под ред. Л.М. Бреховских.* – М.: Наука, 1974. – 694 с.
6. *Воловов В.И.* Об экспериментальном определении ширины индикатрисы рассеяния звука дном океана // Труды Акустического института АН СССР. – 1970. – Вып. X111. – С. 53-59.
7. *Букатый В.М., Дмитриев В.И.* Гидроакустические лаги. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 176 с.
8. *Волощенко В.Ю., Редин А.А., Волощенко А.П., Тарасов С.П.* Многочастотный корреляционный гидроакустический лаг // Положительное решение от 28.01.2010 г. о выдаче патента на полезную модель по заявке №2010100095/22(000146).
9. *Логонов К.В.* Электронавигационные и рыбопоисковые приборы. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 440с.
10. *Судовые эхолоты / А.А.Хребтов и др.* – Л.: Судостроение, 1982. – 232 с.

Волощенко Вадим Юрьевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: igkd@egf.tsure.ru; Vigcorp@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371794.

Куповых Геннадий Владимирович

E-mail: kupovykh@users.tsure.ru.

Тел.: 88634371649.

Voloshchenko Vadim Yur'evich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: igkd@egf.tsure.ru, Vigcorp@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371794.

Kupovyh Genadij Vladimirovich

E-mail: kupovykh@users.tsure.ru.

Phone: 88634371649.

УДК 627.02

В.Ю. Занин

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ
(ТПА) СО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ И НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ
ПЛАВСРЕДСТВ**

Рассмотрены вопросы безопасного обеспечения спускоподъемных операций в сложных условиях, вопросы навигационного обеспечения, изложены требования к характеристикам системы позиционирования судна. Предложен метод использования ТПА осмотрового класса с судна, не оборудованного системами позиционирования. Предложен метод обеспечения спускоподъемных операций аппарата рабочего класса в ледовой обстановке.

Подводный аппарат; спускоподъемное устройство; ТПА, СПУ; подводная робототехника; судно обеспечения.

V.Yu. Zanin

USING A UNDERWATER REMOTE OPERATING VEHICLE (ROV) WITH SPECIALIZED AND NON-SPECIALIZED SHIPS

This paper represents safety issues of a launch and recovery operations of a ROV in rough conditions, ROV navigation issues and requirements to a positioning system of a ship. Paper represents practical method of usage of a observation ROV from a non-DP ship and a novel method of a provision of security of launch and recovery operations of a work-class ROV in ice conditions.

Underwater vehicle, ROV; launch and recovery; LARS; underwater robots; supply ship.

Введение. Развитие и интенсификация морских подводно-технических работ подразумевает дальнейшее увеличение использования подводных телеуправляемых аппаратов (ТПА или ROV – Remote Operating Vehicle). Наибольший интерес для рассмотрения представляют аппараты осмотрового, легкого рабочего и рабочего классов (условно их можно разделить по весу ТПА в воздухе – до 200 кг, от 200 кг до 1000 кг и свыше 1000 кг соответственно). Аппараты меньших классов (например, наиболее распространённые в РФ осмотровые ТПА как «Falcon», «Navajo» или «Н300») также могут активно использоваться, однако для их применения специальные требования к судам-носителям, спускоподъемным устройствам (СПУ) и методологии проведения спускоподъемных операций не предъявляются.

Наиболее критическими для успеха поисковой или подводно-технической операции в целом являются:

- ◆ навигационное обеспечение на этапе предварительного планирования; подготовки и непосредственно в ходе работ;
- ◆ постановка и удержание судна-носителя над местом работ;
- ◆ безопасное и эффективное проведение спускоподъемных операций ТПА.

Рассмотрим варианты взаимодействия комплекса ТПА с судном-носителем при решении вышеперечисленных задач.

1. Навигационное обеспечение операций ТПА. В зависимости от специфики судна на нем возможна установка нескольких стационарных или мобильных навигационных систем, образующий единый навигационный комплекс:

- ◆ Система спутниковой навигации (GPS/dGPS/GLONASS).
- ◆ Регистратор курса/крена/дифферента (AHRS).
- ◆ Эхолот.
- ◆ Гидроакустическая подводная навигационная система.

Также возможна установка дополнительных навигационных систем, таких как:

- ◆ Радарная система позиционирования среднего радиуса действия (например Kongsberg Radius).
- ◆ Лазерная система позиционирования короткого радиуса действия.
- ◆ Система мониторинга угла райзера (для нефтедобывающих платформ и буровых судов).

Применение систем позиционирования на основе якорно-тросовой системы, как правило, не рекомендуется из-за повышения риска запутывания кабель-троса ТПА о трос системы позиционирования.

Навигационные данные интегрируются и сообщаются в штурманский пост, пост руководителя подводных работ и пост управления ТПА в качестве отправной точки для непосредственной навигации аппарата и судна. Основными навигационными системами при работе ТПА являются гидроакустические навигационные системы различного типа. Для снижения сроков мобилизационного периода можно рекомендовать использование систем универсальной конструкции, способных работать как по принципу короткой (или ультракороткой) базы (U)SBL ((Ultra) Short BaseLine), обеспечивающему простоту установки системы и отсутствие значительных требова-

ний по калибровке базы, так и длинной базы LBL (Long Baseline), имеющей большую точность, но требующей более сложной процедуры установки (так как она сопряжена с установкой нескольких, обычно четырех, базовых станций) и калибровки.

Для обеспечения безопасной работы системы подводной навигации, снижения влияния "затенения" корпусом судна и уровня помех от судовых шумов, желательно наличие шахты опускных устройств. При отсутствии шахты возможен спуск антенн системы с борта судна, но в этом случае повышается риск повреждения антенны (рис. 1).



Рис. 1. Установка антенны навигационной системы USBL на борту спасательного буксира пр. 1454 «Калининградец». Баренцево море, 2006 г.

Практика обеспечения работ ТПА показывает, что критичным для успешного выполнения работ является наличие резервной системы подводной навигации, в связи с высокой вероятностью выхода из строя элементов данной системы. Так, к примеру, при обеспечении работ ТПА осмотрового класса типа "Tiger" с борта многофункционального судна обеспечения подводно-технических работ "Мир" ООО "Подводгазинжиниринг" в осенний период в условиях Баренцева моря было замечено в течение двух месяцев три системы USBL по техническим причинам (рис. 2).



Рис. 2. Замена антенны навигационной системы USBL на борту судна "Мир". 2008 г.

2. Постановка и удержание судна-носителя. В настоящее время на мировом рынке подводно-технических услуг подавляющее большинство специализированных судов-носителей подводных аппаратов или водолазных комплексов оборудуются системами динамического позиционирования (DP) классом не ниже DP2. Второй класс подразумевает автоматическое удержание позиции и курса при максимальных расчетных параметрах воздействия внешней среды, с отказом одного из элементов системы. К сожалению, возможности российского рынка по предоставлению в аренду подобных судов крайне ограничены, суда, имеющие требуемые возможности и отвечающие требованиям рынка по водоизмещению/фрахтовой ставке (например, НИС «Академик Голицын» или НИС «Мстислав Келдыш»), как правило, находятся в длительных фрахтах. Таким образом, весьма вероятен сценарий работ, при котором придется использовать для базирования ТПА судно, не имеющее систем динамического позиционирования.

Необходимо отметить положительный опыт, приобретенный ФГУП «НУ АСПТР» при работах по поиску бортовых самописцев («черных ящиков») с потерпевшего катастрофу в 2006 г. авиалайнера Airbus 320 авиакомпании «Армavia». Работы выполнялись с борта судна «Навигатор» (длина – 53,4 м, ширина – 10,5 м, осадка – 4 м, водоизмещение – 1254 т). Судно имело исполнительные механизмы (носовое и кормовое подруливающее устройство, винт ВРШ главного двигателя) системы динамического позиционирования, но не имело вычислительной и управляющей системы. Тем не менее, под управлением специальной штурманской команды, судно в период с 11 по 21 мая 2006 г. успешно обеспечивало работу телеуправляемого аппарата RT-1000 PLL, что позволило найти и благополучно поднять на поверхность оба самописца [1].

К сожалению, большинство судов, с которых потенциально возможно проведение подводно-технических операций ТПА в России, лишены даже таких средств динамического позиционирования и специалистам приходится рассчитывать на "не стандартные" решения. Так, специалисты ЗАО "НПП ПТ «Океанос» при обеспечении работ ООО «ПОДВОДГАЗИНЖИНИРИНГ» в 2006 г. при обследовании ликвидированных скважин в Арктической зоне ТПА осмотра класса типа "Tiger" на глубинах 200-350 м в условиях развитых поверхностных и донных течений, предложили и практически апробировали методику, позволяющую увеличить эффективность операций ТПА с неспециализированных судов и плавсредств. Суть данной методики работ в следующем:

- ◆ по прибытии, по данным спутниковой навигационной системы, в район проведения работ, судно ложится в дрейф в целях определения элементов движения судна в дрейфе в конкретных условиях;
- ◆ после определения элементов движения в дрейфе судно переходит в расчетную точку начала рабочего дрейфа;
- ◆ на буксирный трос вооружается кормовой (запасной) якорь с одной (или более, в зависимости от условий) смычкой якорь цепи;
- ◆ за якорь заводятся оттяжки от ТПА, длина оттяжек определяется поставленной задачей по обследованию конкретного объекта;
- ◆ производится спуск ТПА, с удержанием в непосредственной близости от судна-носителя;
- ◆ производится спуск на буксирном тросе якоря, выполняющего роль гайдроба для судна и заглубителя для ТПА;
- ◆ выдается слабина кабель-троса ТПА пропорционально погружению якоря;
- ◆ положение ТПА и якоря-заглубителя контролируется высокочастотным гидролокатором кругового обзора;

- ◆ судно-носитель в дрейфе, по данным навигационных систем судна и ТПА, с подработкой при необходимости машиной или подруливающими устройствами выводит ТПА на объект, подлежащий осмотру;
- ◆ ТПА погружается до глубины визуального контакта ТПА с грунтом или объектом, с предупреждением столкновения с подводными препятствиями гидролокатором кругового обзора;
- ◆ ТПА, за счет длины оттяжек, производит секторно-поступательный осмотр объекта или донной поверхности;
- ◆ по окончании осмотра производится подъем якоря-заглубителя с выборкой слабины кабель-троса ТПА;
- ◆ при необходимости поисково-осмотровая операция повторяется [2].

Принципиальная схема работ с использованием якоря-заглубителя представлена на рис. 3.

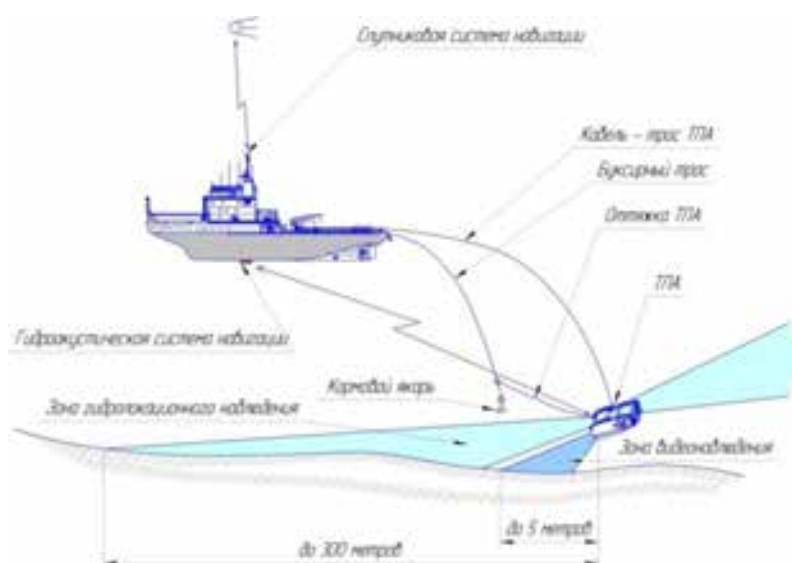


Рис. 3. Использование якоря-заглубителя при работе ТПА

3. Проведение спускоподъемных операций. Как было указано выше, спускоподъемная операция является наиболее критичной с точки зрения возможного повреждения подводного аппарата или его подсистем. Принимая во внимание часто неблагоприятные погодные условия, создание СПУ способных обеспечивать защиту ТПА, не только снижает риски компании-оператора ТПА от его утраты или повреждения, но и повышает эффективность его работы, давая возможность использовать аппарат в условиях, в которых работа с неспециализированной СПУ была бы невозможной. Например, в ходе работ в Баренцовом море в 2006 г. на 11 дней типового рейса судна-носителя (без учета времени мобилизации/демобилизации), 4,5 суток занимал переход в район работ, 3 суток – штормование в ожидание улучшения погоды. И собственно на работу ТПА приходилось в среднем 3 суток, т.е. менее 30 % общего времени экспедиции. Применение СПУ, способных обеспечивать безопасное проведение спускоподъемных операций в осложненных условиях, позволит существенно увеличить данный показатель.

Наиболее важным этапом спускоподъемной операции является прохождение границы раздела сред и нахождение аппарата на поверхности воды. Основными

внешними опасными воздействиями на систему «судно-ТПА» являются волновые, ледовые и ветровые воздействия, также в некоторых ситуациях необходимо учитывать воздействия течений (которые в отличие от вышеуказанных, как правило, не внезапного характера и поддаются прогнозу и нейтрализации).

Использование судовых СПУ без установки специальных стабилизирующих и фиксирующих устройств имеет ограниченное применение. Аппарат не защищен от действия внешних сил, его одержание представляет собой трудную и потенциально опасную задачу, существует значительный риск повреждения или утраты ТПА (рис. 4, 5).



Рис. 4. Остротка ТПА для спуска судовым краном



Рис. 5. Спуск ТПА в гараже типовым СПУ "П"-рама. Потенциально опасная ситуация

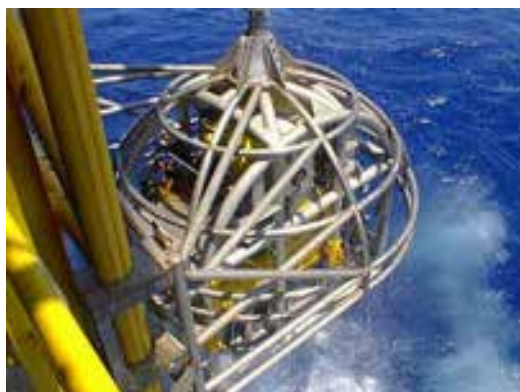


Рис. 6. СПУ с жесткими направляющими

В целях защиты ТПА при спускоподъемных операциях применяются различные варианты направляющих систем, также называемых курсорными. Например, компания «OCEANEERING» предусматривает для размещения своих ТПА тяжелого рабочего класса на стационарных и полупогружных буровых платформах, а также на буровых судах конструкцию с жесткими направляющими рельсами (rail guide cursor system), представленную на рис. 6. Более распространенным вариан-

том является конструкция с гибкими направляющими тросами (guide wire cursor system), применяемая многими компаниями-операторами ТПА по всему миру. Также используются системы активной компенсации вертикальной качки (active heave compensators), но в силу своих массогабаритных характеристик, технической сложности и дороговизны они получили весьма ограниченное распространение.

Для применения ТПА в экономических зонах Российской Федерации необходимо также обеспечить защиту от возможных ледовых нагрузок. В ходе создания комплекса ТПА рабочего класса для строящихся в настоящее время полупогружных плавучих буровых установок ОАО "ГАЗПРОМ", специалисты ЗАО «НП ПТ «Океанос» разработали и подали патентную заявку (рег. № 2010102832) на комбинированную систему обеспечения безопасности РТПА при спускоподъемных операциях. В состав СПУ входят элементы (рис. 7):

- 1) балка СПУ;
- 2) ледовое ограждение;
- 3) ледовое поле;
- 4) направляющий трос;
- 5) устройство глупоководного погружения (УГП) РТПА;
- 6) экскурсионный кабель-трос РТПА;
- 7) РТПА;
- 8) донный пригруз.

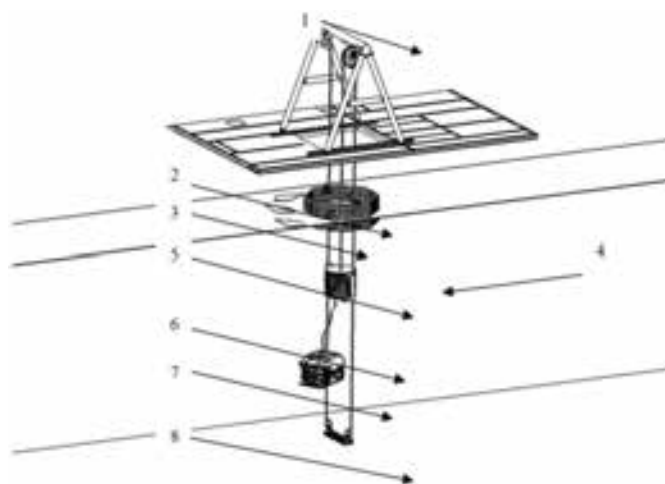


Рис. 7. СПУ с ледовой защитой

При работе СПУ рассматриваемой конструкции вначале осуществляется спуск на рабочую глубину пригруза системы направляющих тросов курсорной системы. После этого независимыми лебедками производится спуск и установка ледовой защиты, затем основной лебедкой РТПА производится безопасный спуск ТПА вместе с УГП по направляющим. После достижения рабочей глубины РТПА отстыковывается от УГП и действует в пределах длины экскурсионного кабель-троса. Подъем системы производится в обратном порядке.

Заключение. В заключение необходимо отметить важность и актуальность рассматриваемых вопросов в связи с увеличением подводно-технических работ на шельфе Российской Федерации. Несмотря на появление в последнее время информации о резком увеличении разработки, проектирования и строительства специализированных судов, вопросы применения ТПА с неспециализированных плавсредств еще продолжительное время будут актуальны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Карев В.И., Хаустов А.В.* По следам черноморских катастроф. – М.: Морские вести России, 2009.
2. *Бухаров Э.В.* Технология ведения глубоководных обследований объектов морского нефтегазового комплекса с применением телеуправляемых подводных аппаратов с судов, не оснащенных системами динамического позиционирования. Материалы конференции SubSEA TECH. СПб., 2007.
3. *Занин В.Ю.* Технология ведения глубоководных обследований объектов морского нефтегазового комплекса с применением телеуправляемых подводных аппаратов с судов, не оснащенных системами динамического позиционирования. Материалы конференции SubSEA TECH. – СПб., 2007.
4. www.oceaneering.com.

Занин Владислав Юрьевич

ЗАО «Научно-производственное предприятие подводных технологий «Океанос».

E-mail: office@oceanos.ru.

194156, г. Санкт-Петербург, пр. Энгельса, 16.

Тел.: 88125170919.

Zanin Vladislav Yur'evich

Research-and-Production Enterprise of Underwater Technologies "Okeanos".

E-mail: office@oceanos.ru.

16, pr. Engels, St.-Petersburg, 194156, Russia.

Pone: 88125170919.