

СПУСКОПОДЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ НА БЕЗЭКИПАЖНЫХ КАТЕРАХ

Г.Ю. Илларионов, М.В. Кнуров, А.А. Кушнерик

В статье рассмотрены конструкция и принцип работы спускоподъемных устройств (СПУ) автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА), базирующихся на безэкипажных катерах (БЭК) различного назначения. Дается описание некоторых запатентованных технических решений ИПМТ ДВО РАН в данной области. Приводятся результаты экспериментальных исследований эксплуатационных характеристик СПУ для малогабаритного АНПА, базирующегося на БЭК.

Ключевые слова: безэкипажный катер, автономный необитаемый подводный аппарат, спускоподъемное устройство, модель использования, экспериментальные исследования.

Введение

Многие типы безэкипажных катеров (БЭК) для выполнения своих задач могут оснащаться т. н. малыми формами подводной робототехники [1, 2]: малогабаритными и средними АНПА; телеуправляемыми подводными аппаратами; буксируемыми гидролокаторами бокового обзора (ГБО); различными гидрографическими и навигационными буями. Так, фирма Riptide Autonomous Solutions (США) разработала модульный, малогабаритный АНПА Micro-UUV невысокой стоимости, который может быть использован с борта БЭК [3]. Характеристики АНПА Micro-UUV

(рис. 1): диаметр 124; длина 914,4 мм (в зависимости от комплектации длина аппарата может изменяться в пределах от 635 до 1829 мм); масса меняется от 5,4 до 16,3 кг; скорость хода изменяется от 1,0 до 8,0 уз; глубина погружения 200 м; автономность на скорости 2,0 уз составляет 30, 48 и 400 ч соответственно (для АНПА стандартных габаритов без полезной нагрузки). Штатное оборудование аппарата включает: системы связи (стандартную WiFi и дополнительно акустический модем); навигационные средства (СНС GPS, работающую в надводном положении, миниатюрный ИНС / магнитометр (9-DOFIMU / Magnetometer); эхолот, датчик «глубина–температура» и др.



Рис. 1. Micro-UUV фирмы Riptide Autonomous Solutions

Все малые формы подводной робототехники требуют наличия на БЭК специализированных спуско-подъемных устройств (СПУ). Например, если АНПА предназначен для совместных действий с БЭК, то его СПУ предназначено для обеспечения следующих операций:

- спуск АНПА на воду с борта БЭК для выполнения поставленных задач;
- захват АНПА, лежащего в дрейфе или движущегося с малой скоростью;
- буксировка АНПА к кораблю-носителю (при необходимости);
- подъем АНПА на борт и его фиксация на БЭК.

Применение АНПА с борта БЭК реализуется в соответствии со следующей моделью [4]:

- на судне-носителе осуществляется подготовка АНПА и БЭК к применению;
- БЭК с состыкованным АНПА спускается на воду с использованием судового СПУ;
- БЭК с АНПА, двигаясь с максимальной скоростью, занимает район выполнения задачи;
- отделение АНПА от БЭК (спуск на воду) осуществляется по заданной программе или по команде с корабля-носителя с использованием СПУ БЭК;
- далее, АНПА уходит на заданную глубину и приступает к выполнению программы-задания (миссии) в автономном режиме или под управлением корабля-носителя. Навигационная и информационная поддержка АНПА в районе обеспечивается гидроакустической навигационной системой (ГАНС), гидроакустической системой связи (ГАСС), а также средствами радиосвязи судна-носителя и БЭК;
- при выполнении АНПА программы-задания БЭК осуществляет совместное маневрирование с АНПА на дистанции, обеспечивающей

устойчивую 2-стороннюю гидроакустическую связь с аппаратом и используется как ретранслятор команд и информации по линии связи «корабль – АНПА – корабль»;

- после завершения выполнения программы-задания АНПА сближается с БЭК на дистанцию ~ 20 м. Далее, по команде корабля-носителя СПУ БЭК готовится к приему АНПА на борт, затем АНПА стыкуется с подводной частью СПУ и поднимается на борт БЭК;
- БЭК с АНПА подходит к кораблю-носителю и поднимается на борт с использованием судового СПУ;
- на судне-носителе осуществляются обслуживание и подготовка техники для выполнения новых задач.

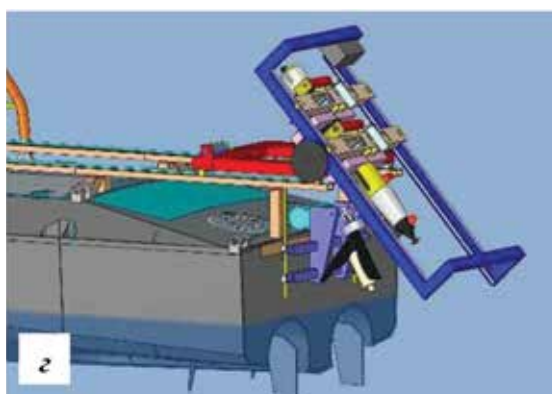
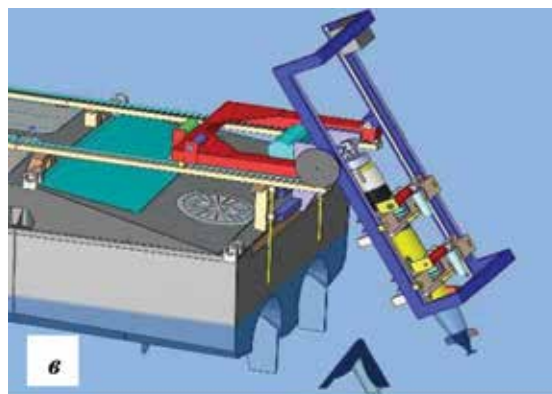
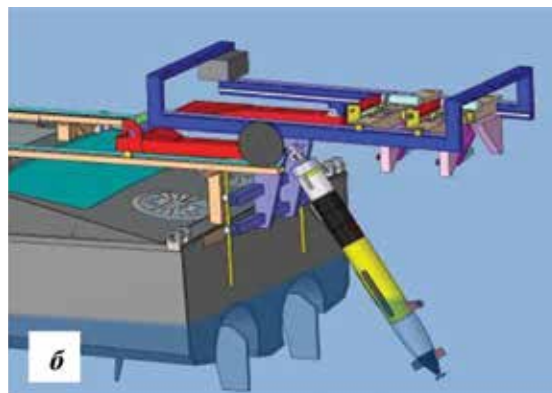
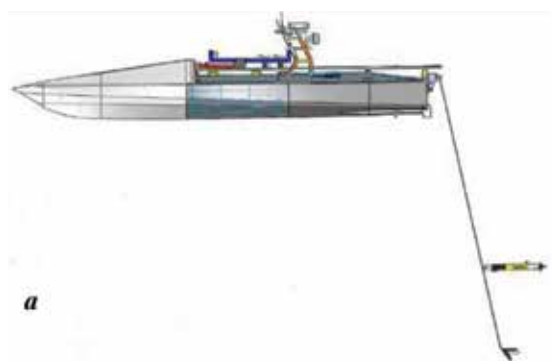
1. Конструкция и принцип работы спускоподъемных устройств зарубежных образцов безэкипажных катеров

В иностранных флотах уделяется большое внимание созданию конструкций СПУ для БЭК. Тема развертывания, подбора и обслуживания на борту малых АНПА, ТНПА и буев стала называться LROHSS (automated Launch, Recovery, On-board Handling, and Servicing System). В этой связи корпорация Bluefin Robotic Corp. and Brooke Ocean Technology Ltd. в 2004 г. разработала СПУ для автоматического подъема и спуска АНПА Bluefin-12 с борта БЭК (рис. 2). АНПА Bluefin-12 имеет длину 3,8 м, диаметр 0,32 м и массу порядка 270 кг. Электромеханическая конструкция СПУ БЭК занимает более половины длины катера и состоит из: наклонного лотка, уходящего под воду; подвижной каретки; П-рамы; конуса-ловителя на кронштейне; направляющих салазок; захвата-подъемника, крепящегося к мачте, и двух ложементов для АНПА. Для



Рис. 2. Схема работы СПУ компании Bluefin Robotics Corp. Ltd:

а – АНПА стыкуется с причальным конусом СПУ под водой; б – начало подъема АНПА из воды; в – завершение подъема АНПА на борт БЭК



подъема АНПА на борт БЭК (рис. 2, а) П-рама занимает горизонтальное положение.

При этом конус-ловитель на своем кронштейне оказывается под водой на глубине 0,5 м. АНПА приближается к БЭК под водой и наводится в конус-ловитель по сигналам гидроакустического маяка, затем нос АНПА входит в конус-ловитель и фиксируется в нем. Далее П-рама поднимается в вертикальное положение и втягивает АНПА на каретку (рис. 2, б). Далее АНПА фиксируется на каретке, а конус-ловитель освобождает нос АНПА от зацепления (рис. 2, в). АНПА принимает горизонтальное положение и движется по салазкам вперед на каретке до упора. Захват-подъемник перемещает АНПА на ложементы левого или правого борта, где к нему подключаются соответствующие разъемы [5, 6].

Другой вариант электромеханической конструкции СПУ для обслуживания уже пяти АНПА типа REMUS работает следующим образом (рис. 3). БЭК буксирует гидроакустический маяк на тросе с заглубителем, АНПА автоматически приводится к тросу и цепляется своим замком за трос (рис. 3, а). Трос выбирается лебедкой до стыковки со своим фиксатором (рис. 3, б). Большая каретка на направляющих салазках сдвинута в корму до предела, поворотная рама на большой каретке занимает горизонтальное положение, а малая каретка с фиксаторами (на поворотной раме) сдвинута к корме. Далее поворотная рама на большой каретке наклоняется, и АНПА крепится к ней при помощи фиксаторов, расположенных на малой каретке (рис. 3, в). Затем зафиксированный АНПА перемещается вперед на малой каретке в носовую часть поворотной рамы (рис. 3, г), которая (в свою очередь) снова занимает горизонтальное положение. На этой же стадии производится подбор маяка с заглубителем, а БЭК начинает движение по программе. После этого большая каретка на направляющих салазках перемещается в носовую часть БЭК, где АНПА освобождается от фиксаторов и попадает в барабан – хранилище (для пяти АНПА), где к нему подключаются соответствующие разъемы (рис. 3, д) [5, 6].

В научно-исследовательском институте министерства обороны Норвегии FFI (Forsvarets forskningsinstitutt) завершены исследования перспективной системы траления морских мин. Основным направлением работ стал поиск решений по использованию различных надводных и подводных безэкипажных катеров и аппаратов и их СПУ. НИОКР по данному направлению начались осенью 2015 г. и велись под общим руководством FFI при активном участии подразделений группы компаний Kongsberg. В 2016 г. разработчики продемонстрировали созданный по заказу FFI прототип БЭК, названный «Odin» (рис. 4) с СПУ, предназначенным для взаимодействия с АНПА «HUGIN-1000» [7].

Рис. 3. Схема работы СПУ:

а – фиксация АНПА на трос; б – доводка АНПА до фиксатора; в – захват АНПА поворотной рамой; г – подбор маяка с заглубителем; д – АНПА находится на штатном месте



Рис. 4. Схема работы СПУ БЭК Odin:
а – прием АНПА HUGIN-1000 в ловитель; б – втягивание АНПА на наклонную рампу; в – транспортировка АНПА в положении «по-походному»

Сам БЭК разработан и построен компанией Helgeland Plast на базе катера Polarcircle-1050. Характеристики БЭК Odin: масса 5,5 т; длина 10,9 м; ширина 3,5 м; осадка 0,7 м; скорость 30 уз; полезная нагрузка 3,0 т; суммарная мощность 330 кВт (два дизеля). Характеристики АНПА HUGIN-1000: масса 1,6 т; длина 3,85 м; диаметр 0,75 м; глубина погружения 1000 м; скорость 3–4 уз; мощность двигателя 2 кВт; емкость АКБ до 15 кВт/ч; автономность до 24 ч на скорости 3 уз. На рис. 4 показаны эпизоды подъема

АНПА HUGIN-1000 на борт БЭК Odin при помощи разработанного СПУ [8, 9].

СПУ для АНПА Bluefin компании General Dynamics показано на рис. 5. Здесь все изделие прикреплено к кормовой площадке палубы БЭК с помощью несущей конструкции, на которой установлены направляющие линейные опоры [10]. Подъемник с шарниром соединяет палубное оборудование катера с аппарелью 5, которая оснащена колесами для спуска и подъема АНПА. Для облегчения попадания но-

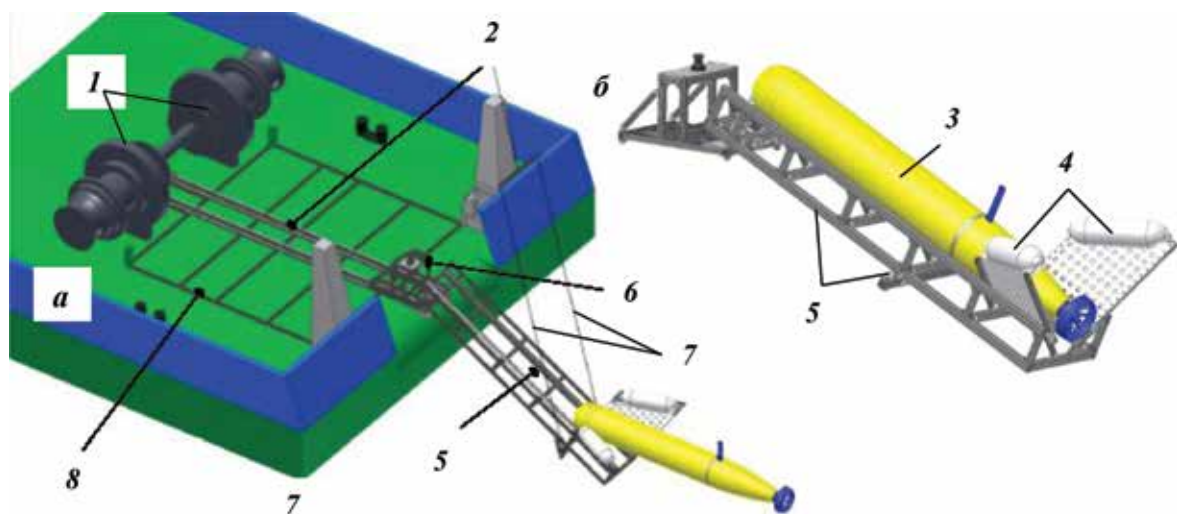


Рис. 5. Конструкция СПУ: а – общий вид; б – конструкция рампы:
1 – лебедка; 2 – направляющие; 3 – АНПА; 4 – поплавки; 5 – аппарель; 6 – лебедка; 7 – тросы грузовой стрелы; 8 – несущая конструкция

совой части АНПА в СПУ на конце аппарели имеются направляющие пластины с поплавками 4. При разворачивании аппарель плавает на воде и таким образом совершает те же волнообразные движения, что и АНПА. Для сведения к минимуму непредсказуемых колебаний СПУ судно-носитель (или БЭК) поворачивается носом в сторону преобладающего направления волны и продолжает медленно двигаться вперед. Для спуска АНПА необходимо выдвинуть рампу и опустить аппарель в воду.

Далее АНПА плавно спускается на тросе по аппарели в воду при помощи лебедки 6, после чего трос отсоединяется от аппарата при помощи дистанционного размыкателя. Для подъема АНПА на борт БЭК необходимо прикрепить трос за носовую часть аппарата и начать движение аппарата вверх по аппарели. Далее происходит подъем аппарели по направляющим 2 и фиксация ее в положении «по-походному» [10, 11].

2. Разработка спускоподъемных устройств в ИПМТ ДВО РАН для безэкипажных катеров – носителей АНПА

Один из вариантов конструкции СПУ разработан в ИПМТ ДВО РАН [12] (рис. 6). Внутри корпуса БЭК находится лебедка с плавучим фалом. На вытравливаемом конце фала находится плавучая сфера диаметром 0,2 м, жестко заделанная в фал и рассчитанная на соответствующие нагрузки. Схема работы АНПА и механизмов СПУ предусматривает выпуск и буксировку плавучего фала со сферическим поплавком, АНПА наводится на фал в надводном положении (рис. 6, а); далее происходит контакт открытого гака АНПА с фалом (рис. 6, б); далее гак закрывается и АНПА оказывается зафиксированным с фалом (рис. 6, в); затем происходит разворачивание корневой части гака в нужном положении (рис. 6, г) и БЭК начинает буксировку АНПА (рис. 6, д); после этого происходит подтягивание АНПА к БЭК для последующего втягивания в нишу через открытые дверцы в транцевой доске БЭК (рис. 6, е). После выполнения этих операций АНПА попадает в нишу корпуса БЭК и фиксируется там. Конструкция гака АНПА включает кольцевую обойму, внутри которой находится платформа, которая имеет возможность проворачиваться в обойме под воздействием приложенной внешней силы. Гак имеет возможность поворачиваться под воздействием электропривода, занимая два положения – «открыто» и «закрыто». Когда происходит контакт открытого гака АНПА с плавучим фалом, при помощи датчика фотоэлемента происходит подача сигнала на электропривод, при помощи которого гак закрывается и АНПА оказывается зафиксированным с фалом [12].

Один из вариантов конструкции СПУ разработан в ИПМТ ДВО РАН [13]. Здесь в кормовой части на палубе

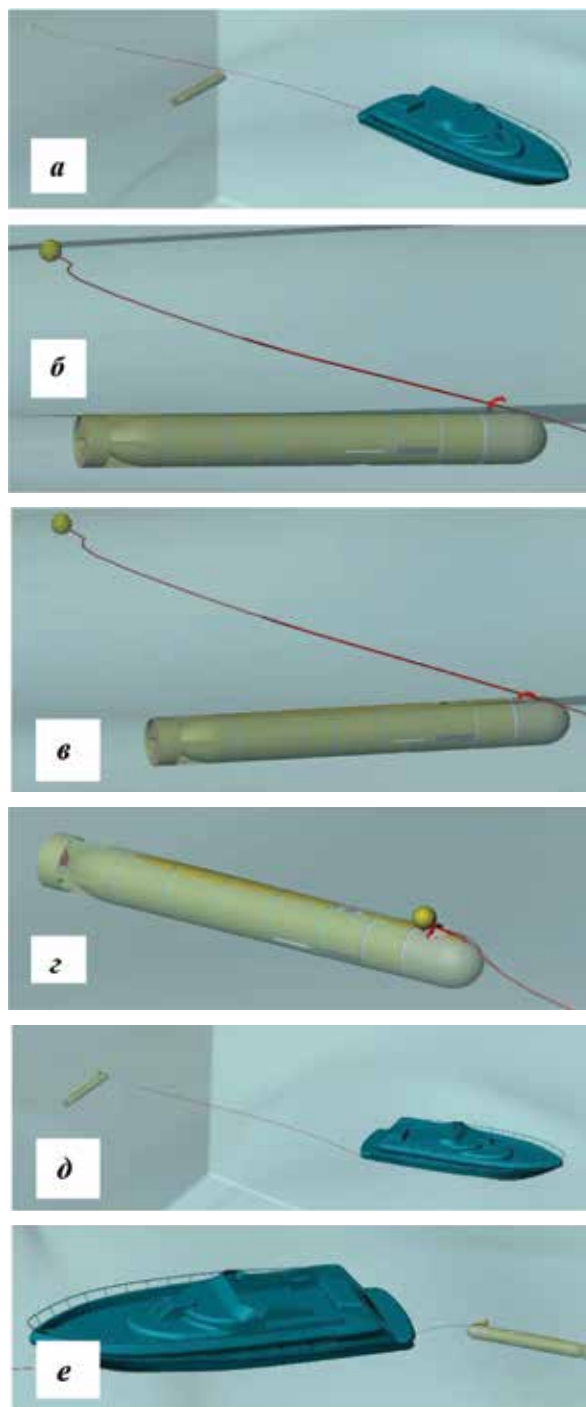


Рис. 6. Схема работы СПУ ИПМТ ДВО РАН: а – БЭК выпустил и буксирует плавучий фал со сферическим поплавком, АНПА наводится на фал в надводном положении; б – происходит контакт открытого гака АНПА с фалом; в – гак автоматически закрывается и АНПА оказывается зафиксированным с фалом; г – происходит разворачивание корневой части гака в нужном положении; д – БЭК начинает буксировку АНПА; е – происходит подтягивание АНПА к БЭК для последующего втягивания в нишу

БЭК расположена электрическая лебедка, на барабане которой намотан кабель-трос нейтральной плавучести, один конец которого прочно соединен с малогабаритным ТНПА (рис. 7, а), оснащенный прочным, управляемым захватным устройством, другой конец кабель-троса через вращающийся коллектор подключен к аппаратуре системы управления и электропитания ТНПА. При этом ТНПА имеет приемную гидроакустическую антенну и подводную телекамеру со светильниками. Управляемое захватное устройство ТНПА имеет возможность захватывать по команде прочный носовой рым, расположенный в носовой части АНПА и вместе с кабель-тросом перемещать аппарат на платформу БЭК.

В кормовой части БЭК находятся также две платформы – нижняя, имеющая возможность качания на шарнире, и верхняя, которая имеет возможность перемещаться вдоль верхней платформы при помощи электропривода и частично погружаться в воду. СПУ работает следующим образом:

1. При необходимости поднять АНПА на борт БЭК при помощи гидроакустической системы связи от БЭК на АНПА оператором передается команда «Занять заданную точку водного пространства вбли-

зи БЭК. Включить гидроакустический маяк». АНПА, выполняя эту команду, ложится в дрейф на глубине 5–10 м и удерживает свое место и глубину при помощи своих движителей и подруливающих устройств.

2. По команде оператора лебедка БЭК начинает вытравливание кабель-троса вместе с ТНПА. Далее оператор ТНПА включает приемную гидроакустическую антенну и начинает сближение с АНПА по направлению на гидроакустический маяк. Приблизившись к АНПА на визуальный контакт при помощи телекамеры, оператор, используя высокие маневренные качества ТНПА, подводит его к рыму и шарнирно прикрепляется к нему при помощи захватного устройства (рис. 7, б).

3. По команде оператора лебедка начинает выбирание кабель-троса вместе с ТНПА, который захватил АНПА при помощи захватного устройства и в конечном итоге втягивает АНПА на верхнюю платформу (рис. 7, в). Далее платформы поворачиваются на шарнире и занимают горизонтальное положение.

Спуск АНПА в воду при помощи СПУ происходит в обратной последовательности. Сближение ТНПА с АНПА под управлением оператора происходит под водой, где влияние неблагоприятных погодных усло-

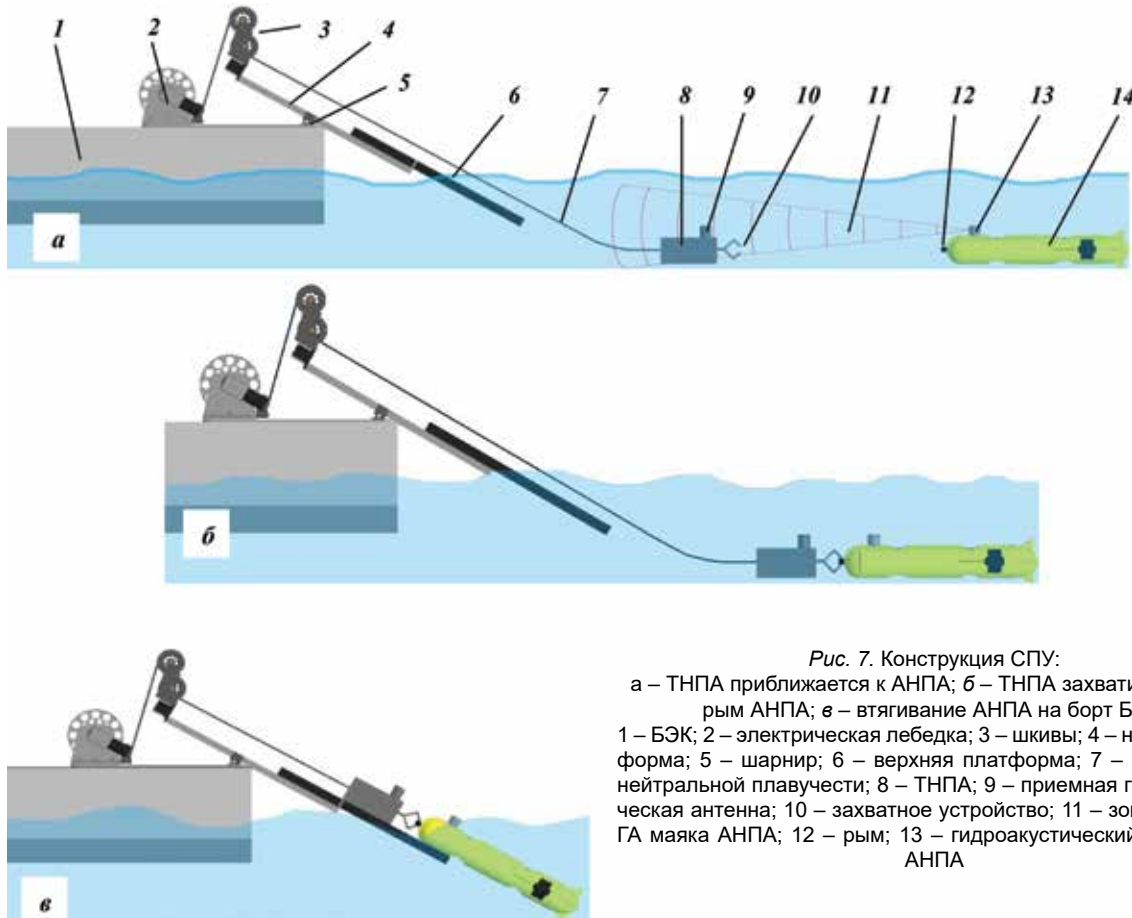


Рис. 7. Конструкция СПУ:

а – ТНПА приближается к АНПА; б – ТНПА захватил носовой рым АНПА; в – втягивание АНПА на борт БЭК:

1 – БЭК; 2 – электрическая лебедка; 3 – шкивы; 4 – нижняя платформа; 5 – шарнир; 6 – верхняя платформа; 7 – кабель-трос нейтральной плавучести; 8 – ТНПА; 9 – приемная гидроакустическая антенна; 10 – захватное устройство; 11 – зона действия ГА маяка АНПА; 12 – рым; 13 – гидроакустический маяк; 14 – АНПА

вий (ветер и волнение моря) сводится к минимуму, а вероятность захвата рыма АНПА захватным устройством ТНПА приближается к 100%, так как этот маневр давно и хорошо освоен операторами ТНПА. Дополнительно появляется возможность проведения спускоподъемных операций АНПА в ночное время, так как при этом наведение ТНПА на АНПА обеспечивается телекамерой и светильниками на дистанции порядка 3–10 м, в зависимости от прозрачности воды [13].

Следующая конструкция СПУ предназначена для БЭК – носителя АНПА (рис. 8). Корпус БЭК выполнен из стеклопластика в виде катамарана, в котором в диаметральной плоскости продран сквозной «колодец» 6, закрывающийся сверху съемной надстройкой с мачтой, которая герметично крепится к его корпусу. «Колодец» БЭК оборудован СПУ, предназначенным для обеспечения спуска АНПА на воду и последующего его подъема на борт. «Колодец» имеет четыре вертикальных паза (по два на борт), в каждый из которых установлен винтовой модуль линейного перемещения, представляющий собой электромеханическое устройство [14, 15], предназначенное для выполнения линейного перемещения объектов с высокой точностью. Они состоят из направляющих, ходовых винтов 8, ползунов и электродвигателей 3, что обеспечивает высокую точность и плавность движения. Ползуны каждого винтового модуля линейного перемещения крепятся к ложементу 7 полукруглой формы. В днище ложемента находится электромагнит, фиксирующий корпус АНПА на ложементе, и два передающих трансформатора системы бесконтактного заряда АКБ АНПА.

При этом полукруглая форма днища ложемента соответствует форме корпуса АНПА, что обеспечива-

ет хорошее прилегание электромагнита и трансформаторов. Ложемент имеет два фиксированных крайних положения: верхнее – когда он поднят до уровня палубы БЭК (рис. 8, б) и нижнее – когда он опущен в воду и готов к спуску или приему АНПА (рис. 8, в). К ложементу крепится гибкий кабель-канал 5, в котором находятся электрические кабели, соединяющие электромагнит и передающие трансформаторы системы бесконтактного заряда АКБ с системами БЭК. В нижней части корпуса АНПА установлена стальная пластина (т. н. «якорь»), совпадающая по размерам и расположению с электромагнитом ложемента, что обеспечивает жесткую фиксацию АНПА на ложементе при включенном электромагните и его свободный сход в воду при отключенном электромагните в крайнем нижнем положении ложемента. В нижней части корпуса АНПА герметично установлены два приемных трансформатора системы бесконтактного заряда АКБ, совпадающие по размерам и расположению с передающими трансформаторами, находящимися на ложементе, чем обеспечивается возможность бесконтактного заряда АКБ АНПА от электроэнергетической системы катера. При этом БЭК и АНПА оборудованы системой связи wi-fi. СПУ работает следующим образом.

1. При нахождении в базе полностью готовый к использованию БЭК находится на суше, на причальной стенке. Болты, крепящие надстройку к палубе БЭК, отворачиваются, и надстройка при помощи строп и рымов снимается и укладывается рядом с корпусом катера, открывая доступ к колодцу с ложементом, находящемуся в крайнем верхнем положении. Далее при помощи строп, закрепленных за рымы, АНПА поднимается с кильблоков и укладывается внутрь колодца на ложемент. Далее по коман-

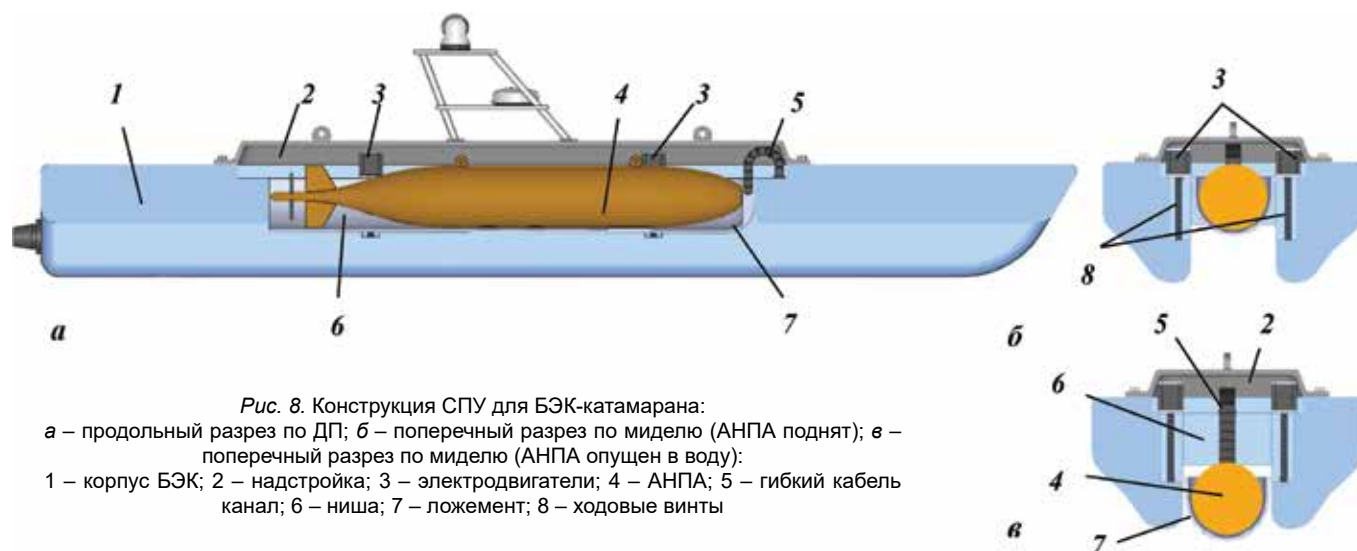


Рис. 8. Конструкция СПУ для БЭК-катамарана:

а – продольный разрез по ДП; б – поперечный разрез по миделю (АНПА поднят); в – поперечный разрез по миделю (АНПА опущен в воду):
1 – корпус БЭК; 2 – надстройка; 3 – электродвигатели; 4 – АНПА; 5 – гибкий кабель канал; 6 – ниша; 7 – ложемент; 8 – ходовые винты

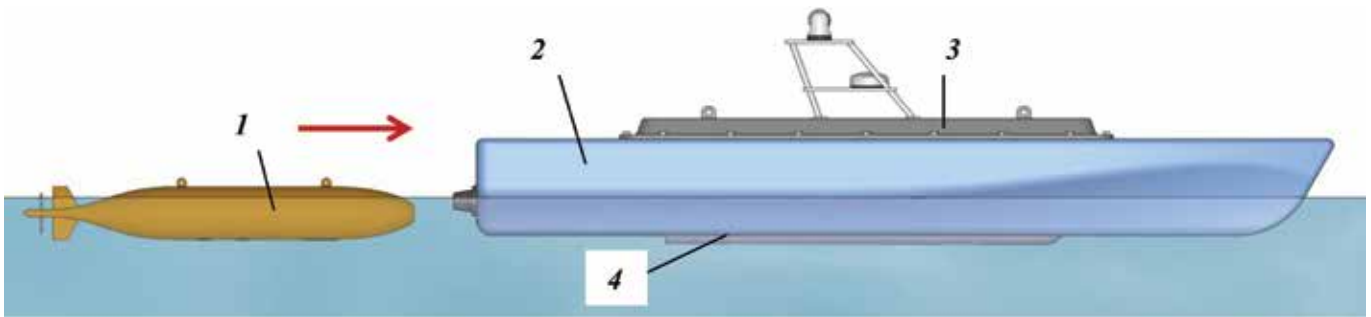


Рис. 9. Схема приема АНПА на борт БЭК:

1 – АНПА; 2 – корпус БЭК-катамарана; 3 – надстройка с мачтой; 4 – ложемент выдвинут вниз до упора

де оператора подается питание на электромагнит и АНПА оказывается жестко закрепленным на ложементе своим «якорем». Затем надстройка перегружается на БЭК, центрируется с «колодцем» в его корпусе и при помощи фланца и болтов герметично крепится к палубе БЭК.

2. Далее БЭК с находящимся внутри АНПА перемещается на воду подъемным краном, и под управлением программы-задания (или оператора) совершает переход и прибывает в район предназначения. Во время перехода АНПА зафиксирован на ложементе в крайнем верхнем положении (рис. 8, б) при помощи включенного электромагнита. Прибыв в район предназначения, АНПА приступает к выполнению поставленных задач при помощи бортовой аппаратуры [14].

3. При необходимости проведения исследований на большой глубине оператор принимает решение на использование АНПА. Для этого по команде оператора БЭК стопорит ход. Далее подается питание на электроприводы четырех винтовых модулей линейного перемещения, которые опускают ложемент в крайнее нижнее положение при помощи ползунов, прикрепленных к ложементу. При этом АНПА оказывается полностью погруженным в воду по ватерлинию (рис. 8, в). Далее по команде оператора снимается питание с электромагнита, АНПА освобождается от крепления к ложементу, дает задний ход и покидает ложемент, приступая к выполнению своей миссии на глубине. БЭК при этом может продолжать свою самостоятельную миссию в другом районе акватории.

4. Выполнив свою миссию гидрографических измерений (или израсходовав энергию АКБ), АНПА всплывает в надводное положение, определяет свои координаты по сигналам ГЛОНАСС/GPS и передает их по системе радиосвязи на БЭК и оператору комплекса на берег. БЭК под управлением оператора выходит в точку встречи с АНПА, разворачивается к нему кормой и стопорит ход. АНПА дает ход вле-

ред (рис. 9) и под управлением оператора входит в пространство между корпусами БЭК-катамарана до упора и садится днищем на ложемент. Далее подается питание на электромагнит, фиксирующий АНПА на ложементе. Далее подается питание на электроприводы 7 четырех винтовых модулей линейного перемещения, которые поднимают ложемент в крайнее верхнее положение. При этом АНПА оказывается поднятым на уровень палубы БЭК и находится там в безопасном положении. Далее по команде системы управления гидрографического комплекса активируется система бесконтактного заряда АКБ, включающая передающий и приемный трансформаторы, что приводит к постепенному заряду АКБ АНПА. Данные, полученные в результате глубоководной миссии АНПА, передаются по wi-fi на магнитные носители БЭК для их предварительной обработки.

5. После выполнения всех поставленных задач по команде оператора БЭК с АНПА на борту дает ход и начинает движение в базу или к кораблю обеспечения. Во время перехода АНПА зафиксирован на ложементе в верхнем положении при помощи включенных электромагнитов, продолжая заряд АКБ. Прибыв в базу, гидрографический комплекс под управлением оператора подводится к пирсу, стопорит ход и далее поднимается на пирс подъемным краном. Данные, полученные в результате работы всего комплекса, передаются по кабелю Ethernet на пост управления для их окончательной обработки и удобства представления и анализа для заказчика работ [14].

Общий вид СПУ для БЭК «Макаровец», предназначенного для базирования малогабаритного АНПА, показан на рис. 10. Экспериментальная установка для испытания этого СПУ в опытовом бассейне показана на рис. 11 [15–17]. Здесь неподвижная платформа 11 (станина) моделирует кормовую часть корпуса БЭК (см. рис. 11, а). На стационарной платформе на шарнире подвешена качающаяся балка 7, ее вращательное движение на шарнире 9 огра-



Рис. 10. БЭК «Макаровец» со спускоподъемным устройством и АНПА в положении «по-походному»

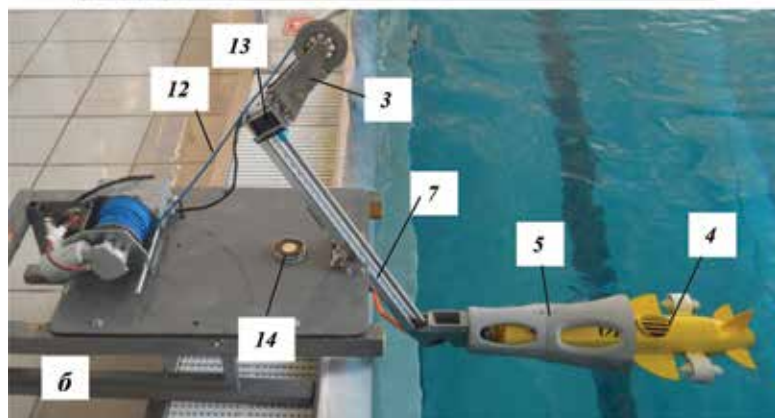
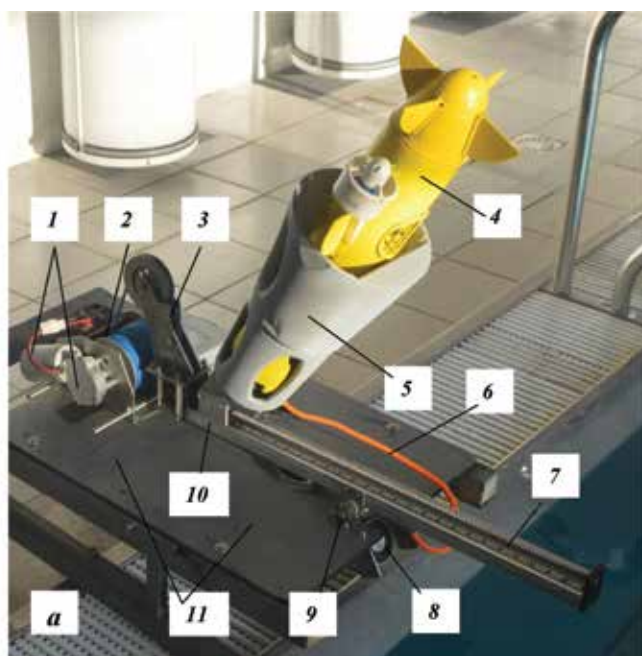


Рис. 11. Общий вид экспериментальной установки:

а – в положении «по-походному»; б – в рабочем положении:

1 – электропривод с редуктором; 2 – лебедка; 3 – блок шкивов; 4 – АНПА; 5 – конус-ловитель; 6 – кабель; 7 – качающаяся балка с ходовым винтом; 8 – нижний электромагнитный фиксатор; 9 – шарнир; 10 – подвижная каретка; 11 – стационарная платформа; 12 – кабель-трос; 13 – электропривод ходового винта; 14 – верхний электромагнитный фиксатор

ничено двумя стопорами с электромагнитами – верхним 8 и нижним 14. Внутри качающейся балки в подшипниках вращается ходовой винт, приводимый в движение электродвигателем 14, который приводит в движение каретку 10, которая скользит в продольных пазах по всей длине балки. К каретке крепится конус-ловитель 5, внутри которого находится электромагнит, фиксирующий АНПА. К платформе 11 крепится лебедка 2 с электроприводом и редуктором. Кабель-трос намотан на барабан лебедки, он проходит через шкивы и крепится специальной заделкой к носовой части балки 7. После механической сборки экспериментальной установки производится монтаж электронных компонентов на базе микроконтроллера Arduino Nano CH340 в среде разработки ArduinoIDE.

Алгоритм работы программы следующий: после получения сигнала с поста управления на подъем АНПА микроконтроллер подает управляющий сигнал (+5В) на модуль силовых ключей 4Р-канала 10 А, Flash-I2C, который, в свою очередь, распределяет электропитание ($U = 12\text{ В}$) на электромагнит, установленный в ловителе для фиксации АНПА, электромагнит установленный для фиксации балки 7 в положении по-походному и отключает электромагнит 14 для высвобождения балки. Далее микроконтроллер подает управляющий сигнал на реле, через которое подается питание ($U = 12\text{ В}$) на электролебедку, управляющий сигнал отключается программно ($t = 3\text{ с}$). После этого производится управление шаговым электродвигателем через драйвер DRV8825 Stepper driver для перемещения каретки с конусом-ловителем и АНПА в положение «по-походному». Управление шаговым двигателем производится в течение заданного интервала времени ($t = 25\text{ с}$). Алгоритм спуска АНПА производится в обратном порядке. Питание экспериментальной установки осуществляется от литий-полимерной АКБ емкостью 4500 мА·ч ($U = 12\text{ В}$) [15–17]. На рис. 12 приведены результаты экспериментальных исследований характеристик СПУ. В частности, проводился хронометраж процесса спуска АНПА и контроль корректности работы системы автомати-

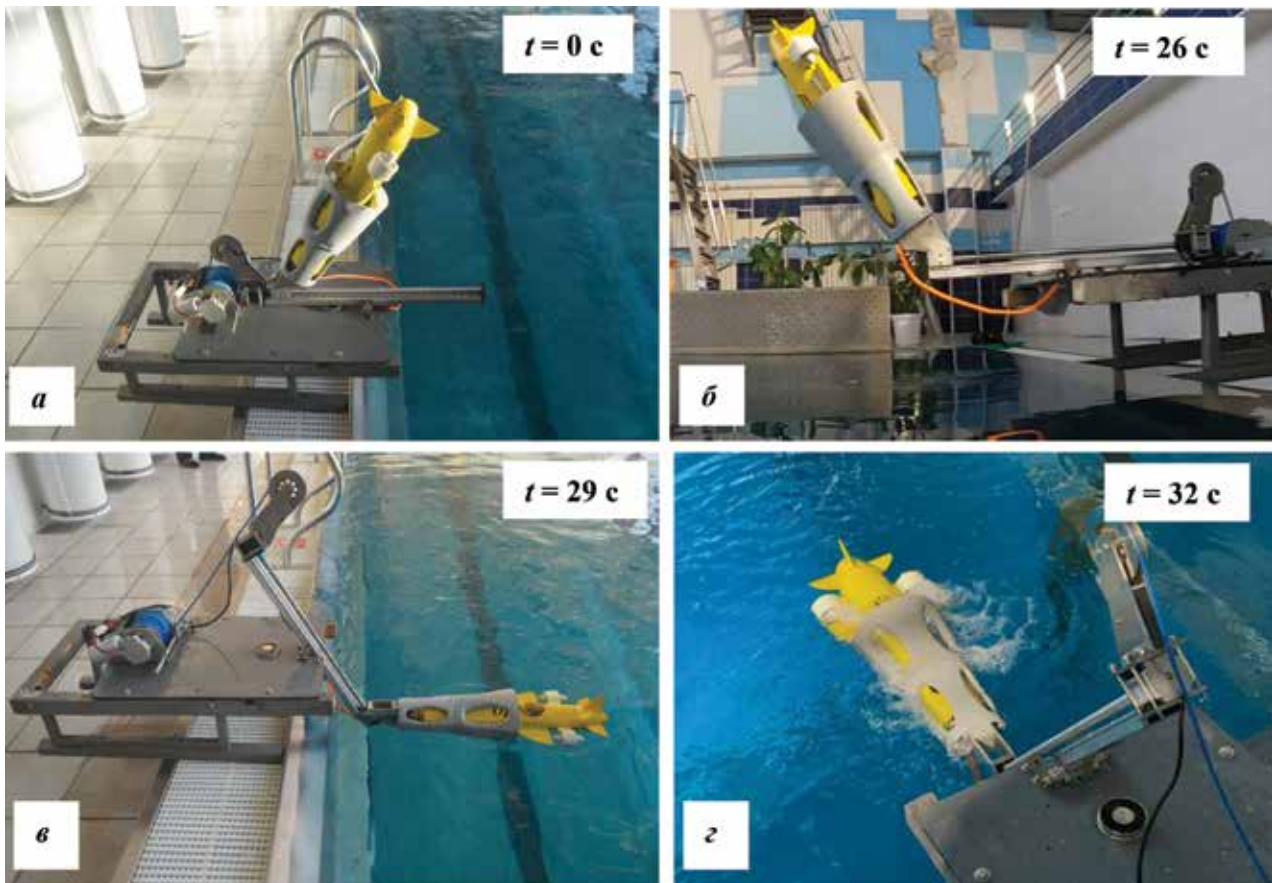


Рис. 12. Результаты экспериментальных исследований характеристик СПУ (хронометраж процесса спуска АНПА на воду): а – АНПА зафиксирован в ловителе, каретка в положении по-походному; б – каретка и ловитель с АНПА в крайнем положении; в – каретка и ловитель с АНПА в рабочем положении, фиксаторы переключены с положения «по-походному» в «рабочее» положение; г – отключен фиксатор АНПА в конусе-ловителе, АНПА находится в воде и готов к погружению

ческого управления СПУ, при этом зафиксированы следующие основные положения механизмов СПУ и АНПА [44]:

а – АНПА зафиксирован в конусе-ловителе при помощи электромагнита, каретка с конусом-ловителем и АНПА находится в положении по-походному ($t = 0$ с);

б – запускается электродвигатель, и при помощи ходового винта каретка с конусом-ловителем и АНПА перемещается в крайнее положение ($t = 26$ с);

в – электромагнит, удерживающий балку в горизонтальном положении, отключается, и включается электромагнит для фиксации подвижной балки в рабочем положении, далее запускается электродвигатель лебедки и вытравливается кабель-трос, подвижная балка при этом поворачивается на шарнире по часовой стрелке и занимает рабочее положение ($t = 29$ с);

г – электромагнит внутри конуса-ловителя отключается, АНПА вошел в воду и готов к выходу из конуса-ловителя задним ходом и к дальнейшему погружению ($t = 32$ с).

Во время работы СПУ на спуск АНПА все механизмы, электроприводы и электромагниты СПУ работали синхронно без сбоев.

На рис. 13 приведены результаты экспериментальных исследований характеристик СПУ, в частности, проводился хронометраж процесса подъема АНПА из воды и контроль корректности работы системы автоматического управления СПУ, при этом были зафиксированы следующие основные положения механизмов СПУ и АНПА [18]:

а – АНПА выполнил свою задачу и находится на поверхности воды в непосредственной близости к конусу-ловителю ($t = 0$ с);

б – АНПА по командам оператора приводится в конус-ловитель при помощи своих движителей, электромагнит внутри конуса-ловителя включается и фиксирует АНПА ($t = 3$ с);

в – электромагнит в нише отключается, и включается электромагнит, установленный на платформе, для фиксации подвижной балки в положении «по-походному», запускается электродвигатель лебедки и выбивается кабель-трос, подвижная платформа при этом

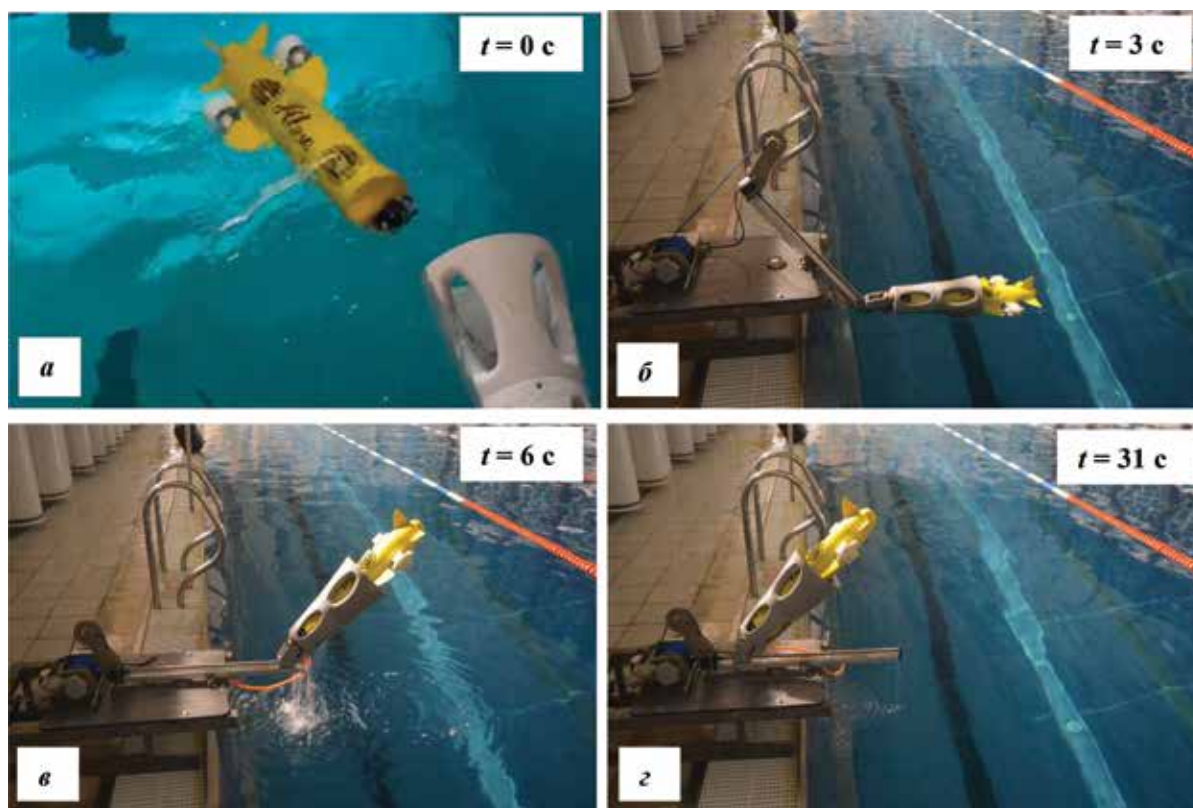


Рис. 13. Результаты экспериментальных исследований характеристик СПУ (хронометраж процесса подъема АНПА): а – АНПА находится на поверхности воды вблизи ловителя; б – АНПА зафиксирован в ловителе; в – кабель-трос выбран, подвижная платформа поднята в горизонтальное положение; г – каретка с АНПА в положении «по-походному»

поворачивается на шарнире против часовой стрелки и занимает горизонтальное положение ($t = 6$ с);

г – запускается электродвигатель, и при помощи ходового винта каретка с конусом-ловителем и АНПА перемещается в положение «по-походному» ($t = 31$ с).

В качестве вывода можно отметить, что испытания в опытовом бассейне являются необходимым элементом проверки работоспособности СПУ и АНПА перед их установкой на БЭК для дальнейшего проведения натурных морских испытаний. Научным результатом являются положительные итоги исследований компактного модульного СПУ, обладающего высокими характеристиками за счет реализации принципа модульности, так как все устройство можно собрать и отрегулировать без катера в лабораторных условиях и в готовом виде установить на БЭК [18].

Реализуется также принцип универсальности, так как СПУ данного типа может обеспечивать спуск на воду и подъем из воды объектов трех типов: АНПА; БНПА и опускаемых ГА антенн. Экспериментальные исследования показали, что малогабаритный АНПА способен обследовать акваторию и обнаруживать донные объекты [18].

Заключение

Технологии базирования АНПА на БЭК обеспечивают ряд преимуществ, связанных с повышением эффективности, безопасности и универсальности выполнения задач в морской среде. Необходимость базирования АНПА на БЭК вызвана главным образом решением проблемы обеспечения быстрого перемещения АНПА из одного района в другой, так как скорость хода АНПА довольно мала (3–5 уз), а брать его на борт судна-носителя для перехода в новый район не всегда оправданно. Скорость хода БЭК с АНПА на борту может составлять 25–35 уз, что значительно больше, чем скорость судна-носителя (13–18 уз). БЭК, оснащенные АНПА, могут выполнять более широкий спектр задач: обследование подводной части судов на якорной стоянке, мониторинг технического состояния подводных объектов, поиск и обезвреживание мин, подводно-технические работы и др. Совместное использование БЭК и АНПА позволяет создавать гибридные робототехнические комплексы, которые могут сочетать преимущества разных технологий (например, лидары, гидроакустические системы и сенсоры).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шмаков А.С., Викторов Р.В., Корнилов Н.А. Малые формы подводной робототехники на безэкипажных катерах, их спускоподъемные и пусковые устройства // Научное издание. 2020. №7 (21). С. 22–31.
2. AUVs Launched and Recovered Autonomously. URL: <https://www.marinetechnews.com/news/launched-recovered-autonomously-550699> (дата обращения: 15.04.2026).
3. Riptide Micro Unmanned Underwater Vehicle. URL: <https://www.naval-technology.com/projects/riptide-micro-unmanned-underwater-vehicle/> (дата обращения: 15.04.2026).
4. ALARS – Automated Launch And Recovery System for AUVs. URL: https://www.academia.edu/122709977/ALARS_Automated_Launch_And_Recovery_System_for_AUVs (дата обращения: 15.04.2026).
5. General Dynamics Launches New Bluefin-12. URL: <https://www.marinetechnews.com/news/general-dynamics-launches-bluefin-593965> (дата обращения: 15.04.2026).
6. A Versatile AUV Launch and Recovery System. URL: <https://henriksen.com/launch-and-recovery-auv-stinger/> (дата обращения: 15.04.2026).
7. AUV launch and Recovery. URL: <https://www.asv-global.com/auv-launch-recovery> (дата обращения: 15.04.2026).
8. Ничего не будет: ни тральщиков, ни водолазов – одни сплошные роботы. URL: <https://andrej-kraft.livejournal.com/142900.html> (дата обращения: 15.04.2026).
9. Slik fungerer Norges nye ubemannede minejeger. URL: <https://www.tu.no/artikler/slik-fungerer-norges-nye-ubemannede-minejeger/350457> (дата обращения: 15.04.2026).
10. Henriksen LARS Demo with HUGIN. URL: <https://sea-technology.com/henriksen-lars-demo-with-hugin> (дата обращения: 15.04.2026).
11. Design of a Launch and Recovery System for an AUV, developed for the research vessel FK Uthörn. URL: https://epic.awi.de/id/eprint/35287/2/Poster-ROBEX-Jonas_Hagemann.pdf (дата обращения: 15.04.2026).
12. Патент № 685498С1 Российская Федерация, МПК В63В27/16. Устройство для захвата плавучего фала автономным необитаемым подводным аппаратом: заявлено 13.08.2018: опубликовано 18.04.2019 / Кушнерик А.А., Карлов А.В.; заявитель ИПМТ ДВО РАН. 13 с.: 6 ил.
13. Патент № XXXXXXРФ, МПК: В63В 1/04 (2006.01). Гидрографический комплекс на базе безэкипажного катера – носителя автономного необитаемого подводного аппарата : опубл. XX.XX.2026 / Илларионов Г.Ю. 10 с. : 7 ил.
14. Патент № XXXXXXРФ, МПК: В63В 1/04 (2006.01). Спускоподъемное устройство безэкипажного катера для автономного необитаемого подводного аппарата: опубл. XX.XX. 2026 / Илларионов Г.Ю. 10 с. : 7 ил.
15. Илларионов Г.Ю., Викторов Р.В., Михайлов Д.Н., Елисеенко Г.Д. Разработка учебно-тренировочного роботизированного комплекса на базе безэкипажного катера // Подводные исследования и робототехника. 2025. №3. С. 69–80.
16. Патент № 2757036 РФ, МПК В63В 21/66 (2006.01.). Спускоподъемное устройство безэкипажного катера для необитаемого подводного аппарата: опубл. 11.10.2021 / Илларионов Г.Ю., Кнуров М.В., Шмаков А.С., Викторов Р.В., Корнилов Н.А. 11 с.: 4 ил.
17. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2026619355 Система управления спускоподъемным устройством «безэкипажный катер – автономный необитаемый подводный аппарат» (СУ СПУ БЭК – АНПА), опубл. 02.04.1926 / Г.Ю. Илларионов, М.В. Кнуров.

Для цитирования:

Илларионов Г.Ю., Кнуров М.В., Кушнерик А.А. СПУСКОПОДЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ НА БЕЗЭКИПАЖНЫХ КАТЕРАХ // ПОДВОДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РОБОТОТЕХНИКА. 2026. № 3 (57). С. 4–16. DOI: 10.37102/1992-4429_2026_57_03_01. EDN: WKATFR.

Сведения об авторах:

ИЛЛАРИОНОВ Геннадий Юрьевич, д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, г.н.с. лаборатории робототехники

Место работы: Институт проблем морских технологий имени академика М.Д. Агеева Дальневосточного отделения Российской академии наук

Адрес места работы: 690091, г. Владивосток, ул. Суханова, д. 5а

Область научных интересов: исследования и разработка морских робототехнических комплексов двойного и специального назначения, их носителей и способов применения

E-mail: illar1951gy@mail.ru

Тел.: +79147238288

eLibrary Author ID: 331168

КНУРОВ Максим Вадимович, к.т.н., преподаватель специальной кафедры

Место работы: Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова

Адрес места работы: Приморский край, г. Владивосток, Камский переулок, 7

Область научных интересов: исследования и разработка морских робототехнических комплексов двойного и специального назначения, их носителей и способов применения

E-mail: knurich@mail.ru

Тел.: +79841952335

eLibrary Author ID: 1147-1300

КУШНЕРИК Андрей Александрович, начальник инновационного отдела

Место работы: Институт проблем морских технологий имени академика М.Д. Агеева Дальневосточного отделения Российской академии наук

Адрес места работы: 690091, г. Владивосток, ул. Суханова, д. 5а

Область научных интересов: проектирование и разработка морских робототехнических комплексов

E-mail: andreyfestu@ya.ru

Тел.: 89510214610

eLibrary Author ID: 1357862



LAUNCH AND RECOVERY SYSTEMS FOR AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES ON UNMANNED BOATS

G.Yu. Illarionov, M.V. Knurov, A.A. Kushnerik

The article examines the design and operating principle Launch and Recovery Systems (LARS) for autonomous underwater vehicles (AUVs) based on unmanned boats (UBs) of various purposes. Some of the patented technical solutions of the IPMT FEB RAS in this field are described. The results of experimental studies of the operational characteristics of the LARS for a small-sized AUV based on the UB are presented.

Keywords: Unmanned boat, Autonomous underwater vehicle, Launch and Recovery Systems, usage model, experimental research.

References

1. Shmakov A.S., Viktorov R.V., Kornilov N.A. Small forms of underwater robotics on unmanned boats, their launching and lifting devices. Science-intensive technologies. 2020. No. 7 (21), pp. 22–31.
2. AUVs Launched and Recovered Autonomously. URL: <https://www.marinetechology-news.com/news/launched-recovered-autonomously-550699> – (accessed on 15.04.2026).
3. Riptide Micro Unmanned Underwater Vehicle. URL: <https://www.naval-technology.com/projects/riptide-micro-unmanned-underwater-vehicle/> (accessed on 15.04.2026).
4. ALARS – Automated Launch And Recovery System for AUVs. URL: https://www.academia.edu/122709977/ALARS_Automated_Launch_And_Recovery_System_for_AUVs (accessed on 15.04.2026).
5. General Dynamics Launches New Bluefin-12. URL: <https://www.marinetechologynews.com/news/general-dynamics-launches-bluefin-593965> – (accessed on 15.04.2026).
6. A Versatile AUV Launch and Recovery System. URL: <https://henriksen.com/launch-and-recovery-auv-stinger/> (accessed on 15.04.2026).
7. AUV launch and Recovery. URL: <https://www.asv-global.com/auv-launch-recovery> (date of access 15.04.2026).
8. There will be nothing: no minesweepers, no divers – just robots. URL: <https://andrej-kraft.livejournal.com/142900.html> – (accessed on 15.04.2026).
9. Slik fungerer Norges nye ubemannede minejegere. URL: <https://www.tu.no/artikler/slik-fungerer-norges-nye-ubemannede-minejegere/350457> (accessed on 15.04.2026).
10. Henriksen LARS Demo with HUGIN. URL: <https://sea-technology.com/henriksen-lars-demo-with-hugin> (accessed on 15.04.2026).
11. Design of a Launch and Recovery System for an AUV, developed for the research vessel FK Uthörn. URL: https://epic.awi.de/id/eprint/35287/2/Poster-ROBEX-Jonas_Hagemann.pdf (accessed on 15.04.2026).
12. Patent No. 685498C1 RF. IPC B63B27/16. Device for capturing a floating hawser with an autonomous unmanned underwater vehicle, publ. 2019.04.18 / Kushnerik A.A., Karlov A.V. – 13 p.: 6 ill. – Text: direct.
13. Patent 2866746 RF, IPC: B63B 21/56 (2006.01), B63B 27/16 (2006.01). Launch and recovery device for an unmanned boat for an autonomous uninhabited underwater vehicle: published on 22.07.2026 / Illarionov G.Yu., Knurov M.V. – 14 p.: 5 ill. – Text: direct.
14. Patent No. 2862523C1, RF, IPC: B63B 35/00 (2006.01). Hydrographic complex based on an unmanned boat – a carrier of an autonomous uninhabited underwater vehicle: published on 21.05.2026 / Illarionov G. Yu. – 10 p.: 7 ill. – Text: direct.
15. Illarionov G.Yu. Development of a training robotic complex based on an unmanned boat / Illarionov G.Yu., Viktorov R.V., Mikhailov D.N., Eli-seenko G.D. // – Text: direct // Underwater Research and Robotics, No. 3, 2025, pp. 69–80.

16. Patent No. 2757036 RF, IPC B63B 21/66 (2006.01). Launch and recovery device for an unmanned boat for an unmanned underwater vehicle: published on 11.10.2021 / Illarionov G.Yu., Knurov M.V., Shmakov A.S., Viktorov R.V., Kornilov N.A. – 11 p.: 4 ill. – Text: direct.

17. Certificate of state registration of the computer program No. 2026619355. Control system for the launch and recovery device “unmanned boat – autonomous unmanned underwater vehicle” (CSU SPU BEC – AUV), published on 02.04.1926 / G.Yu. Illarionov, M.V. Knurov.

Information about the authors

ILLARIONOV Gennady Yuryevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Chief Researcher at the Robotics Laboratory
Institute of Marine Technology Problems named after Academician M.D. Ageev, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
690091, Vladivostok, Sukhanova St., Building 5A
Field of scientific interest: research and development of marine robotic systems for dual and special purposes, their carriers, and methods of application
E-mail: illar1951gy@mail.ru. **Tel.:** +79147238288
eLibrary Author ID: 331168

KNUROV Maxim Vadimovich, Candidate of Technical Sciences, Lecturer at the Special Department
S.O. Makarov Pacific Higher Naval School
Primorsky Krai, Vladivostok, Kamsky Lane, 7
Field of scientific interest: research and development of marine robotic systems for dual and special purposes, their carriers and methods of application
E-mail: knurich@mail.ru. **Phone:** +79841952335
eLibrary Author ID: 1147-1300

KUSHNERIK Andrey Alexandrovich, Head of the Innovation Department
Institute of Marine Technology Problems named after Academician M.D. Ageev, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
690091, Vladivostok, Sukhanova St., building 5a
Field of scientific interest: design and development of marine robotic systems.
E-mail: andreyfestu@ya.ru. **Phone:** 79510214610
eLibrary Author ID: 1357862