

УДК 629.127.4.001.2; 551.46.077

ПЕРСПЕКТИВЫ И КОНЦЕПЦИИ РАЗРАБОТКИ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

© О.С. Голод, А.И. Гончар, Л.И. Шлычек, 2007

Государственный Северо-Западный технический университет, г. Санкт-Петербург

Научно-технический центр панорамных акустических систем НАН Украины, г. Запорожье

Наведено тактико-технічні характеристики, особливості конструктивного та технічного виконання існуючих автономних ненаселених підводних апаратів та розглянуті концептуальні підходи до розробки перспективних.

Приведены тактико-технические характеристики, особенности конструктивного и технического исполнения существующих автономных необитаемых подводных аппаратов и рассмотрены концептуальные подходы к разработке перспективных.

Performance characteristics, design and technical performance features of existing unmanned AUVs have been specified and conceptual approaches for the development of perspective ones have been considered.

НЕОБИТАЕМЫЕ ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АНПА, АВТОНОМНОСТЬ, ПРИМЕНЕНИЕ, СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Начиная с 60-х годов за рубежом ведутся интенсивные фундаментальные и прикладные работы по созданию необитаемых подводных аппаратов, способных решать поставленные задачи автономно. Вслед за США, Канадой, Великобританией и Францией в конце 80-х годов активизировали исследования в области аппаратостроения Норвегия, Япония и Италия.

Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) с различной степенью автоматизации, предназначены для поиска и обследования подводных объектов, проведения гидрологических и океанологических исследований, использования в военных целях [1].

Основная часть работ производится на глубинах до 1000 м. Только около 30 % АНПА имеют рабочую глубину погружения свыше 1000 м, остальные - рабочую глубину менее 1000 м; глубоководных АНПА (с рабочей глубиной 6000 м и более) - единицы.

По мнению зарубежных специалистов, основными преимуществами АНПА перед аппаратами других типов являются:

- отсутствие кабель-тросовой связи с судном-носителем и соответственно определяемых ею недостатков;
- способность функционировать в местах, недоступных для других типов ПА;
- скрытность функционирования;
- высокая мобильность.

С точки зрения стоимости эксплуатации использование АНПА экономичнее по сравнению с обитаемыми подводными аппаратами (ОПА) и буксируемыми НПА, ибо не требует судов-носителей, оборудованных специализированными спуско-подъемными устройствами. Последнее в свою очередь предопределяет снижение общей стоимости выполнения задачи за счет высокой степени готовности и мобильности АНПА к доставке в район выполнения работ.

По своим функциональным возможностям АНПА предназначены для выполнения следующих подводно-технических работ:

- длительное маневрирование по заданной программе в водном пространстве с одновременным проведением разнообразных океанологических, гидрофизических, гидрографических и биологических исследований;
- проведение поиска и обследования затонувших объектов; оборудование районов донными маяками-ответчиками; обследование нижней кромки ледяных полей, оценки толщины и характера ледяного покрова, подледная гидрология;
- поиск полезных ископаемых на больших глубинах и предварительное определение химического состава геологических образований;
- обследование и обслуживание подводных кабельных линий, трубопроводов и других сооружений;
- поиск и идентификация объектов с заранее заданными свойствами; работа в агрессивных средах;
- выполнение специальных задач в интересах ВМС, таких как разведка, противолодочная и противоминная борьба, диверсионные акции, слежение.

Динамику развития АНПА в различных странах, а также основные характеристики нельзя оценивать однозначно (табл. 1).

Уровень современной техники и технологии, применяемых при разработке и создании АНПА, не позволяет реализовать все потенциальные возможности аппаратов этого класса. Мала их автономность из-за низкой энергоемкости источников энергии, слабо развита система манипуляторов, низок уровень использования искусственного интеллекта (ИИ) в системах управления [2].

В начале 80-х годов ведущими фирмами в области подводного аппаратостроения были предприняты попытки обоснования концепции развития АНПА будущего на основе использования нетрадиционных методов. Так, на 4-м международном симпозиуме по проблемам развития АНПА, состоявшемся в июне 1985 г., впервые были сформулированы основные технические требования к АНПА 21 века. Наметилась тенденция образования международных консорциумов в обеспечение развития перспективных АНПА с соблюдением общей концепции их создания.

АНПА 21 века [1—10] представляются зарубежным специалистам как аппараты, обладающие:

- большой автономностью (до 200 ч);
- развитой системой манипуляторов;
- высокоорганизованной «интеллектуальной» системой управления (СУ), реализующей такие функции, как распознавание образов, принятие решений в условиях частичной и полной неопределенности, адаптация к внешним воздействиям.

В области создания АНПА взаимодействует большое количество различных фирм, только в США их задействовано более 36, объединенных под эгидой МО через ВМС и управление DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), а в Японии - более 250 фирм. К числу достижений по отработке технологий создания перспективных АНПА можно отнести ПА UUV, XP-21 (рис. 1) Sea Squirt (США), DOLPHIN, DOGGIE (Великобритания), RTV-КАМ (Япония), ARUS (Европейский консорциум).

Таблица 1. Автономные необитаемые подводные аппараты.

Год создания	Название	Рабочая глубина, м	Назначение	Разработчик
1963	SPURV 1	6000	(Гидрологические измерения (ГЛИ))	Лаборатория прикладной физики Вашингтонского университета (UW / APL)
1972	UARS	457	Подледное картографирование	То же
1973	SPURV 2	6000	ГЛИ	То же
1975	OSR-V	250	Океанологические исследования (ОЛИ)	Ассоциация передовой морской технологии (Токио)
1977		100	Испытательная «платформа» (ИП)	Научный центр морской технологии (Йокосука)
1979	EAVE 3	914	То же	Лаборатория морских систем Нью-Гэмпширского университета
	EAVE West	610	-	Центр морских систем ВМС (NOSC)
	RUMIC	-	Противоминный	Центр прибрежных систем ВМС (NCSC)
	UFSS	357	Поиск и обследование (ПО)	Исследовательск. лаборатория ВМС (NRL)
1980	Penguin A1	200	То же	MBB GmbH (Бремен)
	CSTV		Обеспечение испытаний ПЛ (ОИПЛ)	NCSC
1982	Rover	100	Инспектирование подводных объектов (ИПО)	Университет Herriot-Watt (Эдинбург)
	Robot 2	91	Инспектирование дна	МТИ
	B-1	90	Исследование гидродинамики (ИГД)	NUSK
1983	AUSS	6000	ПО	NOSK
	Telemine	150	Уничтожение кораблей	Teksea (Лугано, Швейцария)
	TM 308	400	ИПО	Tecnomare SpA (Венеция)
	Epaulard	6000	Фотографирование дна	IFREMER (Париж)
1984	ARCS	400	Подледное картографирование	International Submarine Engineering Ltd (США)
	AUV	-	ИГД	Rockwell International
1985	Submarine Robot	500	ИП	JAMSTEC (Йокосука)
1986	PLA 2	5000	Сбор ЖМК	С.Е.А. / IFREMER
1987	ELIT	1000	ИПО	IFREMER/Comex
1988	LSV	-	ОИПЛ	NCSC
	XP-21	610	ИП	Applied Remote Technology (Сан-Диего)
	MUST	610	То же	Martin Marietta Corp. (США)
	Sea Squirt	61	ИП	MIT Sea Grant
	RUV	250	Биологические исследования	UW/APL
	ACTV	250	ГЛИ	То же
1989	UUV (1)	1000	ИП	Лаборатория Дрепера (Массачусетс)
	FSMNV	-	Противоминный	NOSC
	PTEROA	6000	Исследование дна (ИД)	Institute of Industrial Science (Токио)
			То же	Sasebo High Tech Co. (Япония)
	Waterbird	100	ИП	Лаборатория Дрепера
1990	UUV (2)	1000	ИД	JAMSTEC
	UROV – 200J	2000	Картографирование	SUTEC (Швеция)
1991	AROV	2000	То же	То же
1992	Doggie	-	Противоминный	Lockheed Missiles & Space Co.
		6000	ОЛИ	Yard Ltd. (Ijnkfylbz)
	Dolphin	6000	-	То же
1993	ARUS	-	ИД	EUREKA
1995	LR 6000	250	-	Kockums (Швеция)

В 1988 г. управление по перспективным оборонным исследованиям США DARPA заключило контракт с лабораторией Дрепера на проведение программы, в рамках которой предусматривалась разработка двух экспериментальных образцов АНПА UUV (на сумму 23 млн. дол.), предназначенных для ведения противолодочной и противоминной борьбы в Арктическом бассейне на глубинах до 1000 м. Предполагалось, что носителями АНПА UUV будут (к 2000 г.) АПЛ SSN21 и (к 2005 г.) «Los Angeles» SSN688 [3].

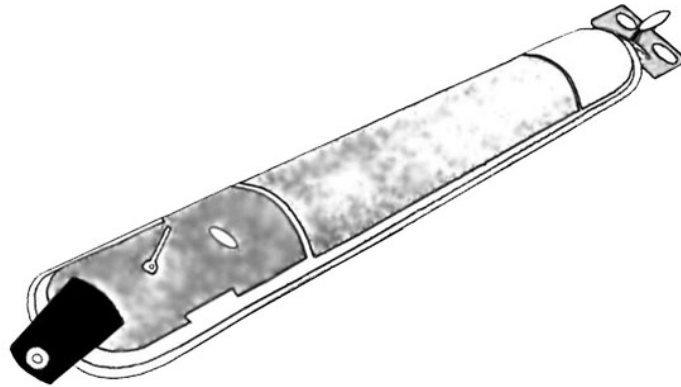


Рис.1 - АНПА XP-21

Одновременно с этим были заключены контракты еще с рядом фирм. Отделение Aero and Naval Systems Div. фирмы Martin Marietta (США) получило 14,8 млн. дол. на разработку общей концепции, а также системы управления верхнего уровня с элементами ИИ, обеспечивающими обзор и кадрирование минных полей, размещение на дне маяков-ответчиков, буксировку гидроакустической антенны, распознавание образов, принятие решения на маневрирование и применение оружия дальнего действия. АНПА UUV, тело вращения длиной 11 м, диаметром 1,12 м, массой 6,8 т, оснащено фото- и видеоаппаратурой, набором тактильных датчиков, гидролокаторами, устройством лазерной подсветки телевизионной камеры. В качестве источника энергии предполагалось использование на этапе испытаний серебряно-цинковой аккумуляторной батареи общей массой 2,3 т, которая может обеспечить дальность хода АНПА до 360 миль со скоростью 4,5 уз., максимальную скорость хода АНПА предполагается довести до 10 уз. (рис. 2).

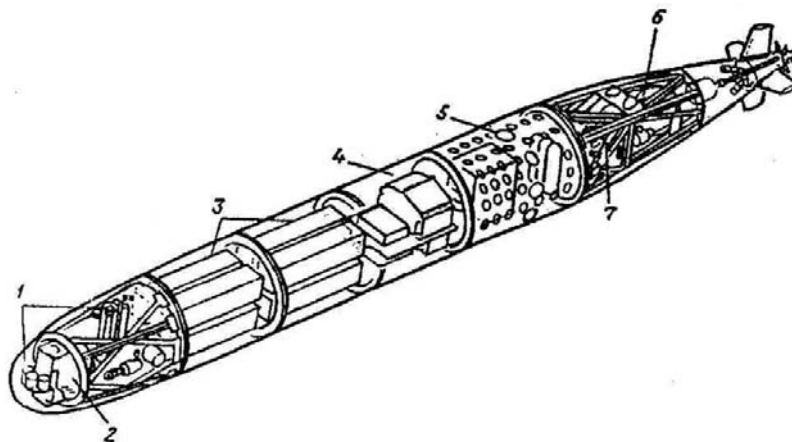


Рис. 2 - Общий вид проекта АНПА UUV (DARPA):

- 1 — блок аппаратуры обнаружения; 2 — носовая дифференциальная система; 3 — источники энергии;
4 — система управления; 5 — блок полезной нагрузки; 6 — движительный комплекс;
7 — кормовая дифференциальная система.

Система управления АНПА должна обладать функциями самообучения, принятия решения по маневрированию, распознавания гидроакустических образов.

Фирме Lockheed Missiles and Space Co (США) выделено 15,8 млн. дол. на разработку и изготовление прототипов аппаратуры, обеспечивающей обнаружение и распознавание миноподобных объектов [1, 3, 4].

Массачусетский технологический институт совместно с лабораторией Дрепера по заказу фирмы NOAA Sea Grant разрабатывал малогабаритный АНПА Sea Squirt, предназначенный для использования в качестве испытательной платформы системы искусственного интеллекта АНПА. Этот аппарат имеет форму цилиндра с наружным диаметром 22,1 см, оборудован двумя гребными двигателями для продольных и одним для вертикальных перемещений. В качестве источника электроэнергии используется серебряно-цинковая аккумуляторная батарея. Рабочая глубина аппарата составляет 60 м, масса без груза 28,6 кг. Ориентировочная стоимость не превышает 30 тыс. дол. [5].

Достаточно большой интерес, по мнению зарубежных специалистов, представляет использование АНПА в качестве платформ для испытания различного оборудования и систем. Так, с помощью разработанного в 1988 г. фирмой Applied Remote Technology, Inc. (США) АНПА XR-21 предполагается отрабатывать и испытывать навигационную и связную аппаратуру, а также системы управления движением больших АНПА (рис. 3).

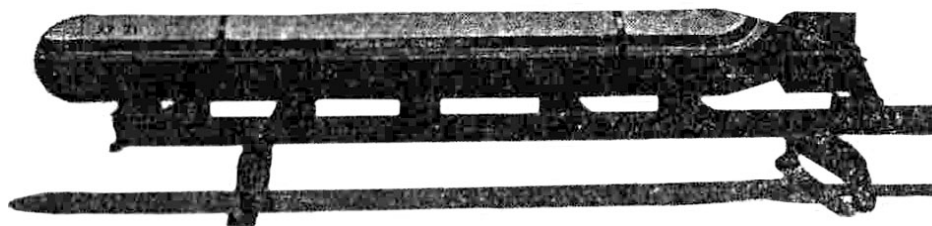


Рис. 3 - АНПА XR-21 (вид сбоку)

АНПА XR-21 может использоваться как в автономном, так и в привязном варианте. Управление АНПА XR-21 в надводном положении производится по радиолокатору, в подводном - по программе или другими способами, например, с помощью проходящего на нем испытания модуля системы автоматического управления НПА.

Объем финансирования программ Darpa в 1990 и 1991 гг. доведен до 100 млн. дол., а к 2000 г. - до 500 млн. дол. в год. Помимо США существенные ассигнования выделяют, например, Япония - более 43 млн. дол., консорциум европейских государств EUREKA - более 60 млн. дол.

Консорциумом Европейских стран и США разработан АНПА ARUS, предназначенный для научных исследований. АНПА с рабочей глубиной 6000 м и водоизмещением 0,5 т имеет дальность хода до 2000 км при скорости 5 уз. АНПА оснащен впередсмотрящим гидролокатором, гидролокатором бокового обзора (ГБО), профилографом и эхолотом (рис. 4).

Корпус аппарата изготовлен из композитных материалов и металла. В качестве источника энергии на АНПА ARUS выбран дизель, работающий по замкнутому циклу,

обеспечивающий мощность 5-10 кВт, вполне достаточную для обеспечения хода и работы электронного оборудования.

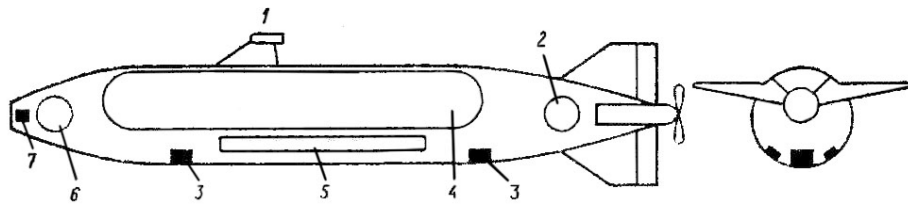


Рис. 4 - Проект АНПА ARUS:

1-электромагнитный лаг; 2,6-балластные цистерны; 3 – люк для сброса балласта/загрузки (drop weight /shot hopper); 4- рабочий объем; 5 – преобразователь ГБО; 6, 7 – ТВК и навигационная ГАС

Система управления АНПА будет совершенствоваться поэтапно: от работающей по «жесткой программе» до полностью автономной (интеллектуальной).

В 1987 г. в Великобритании океанографической лабораторией Proudman при сотрудничестве ученых Совета по изучению окружающей среды NERC (Natural Environment Research Council) начаты работы по программе Autosub (Autonomous Unmanned Submersible). В рамках программы предполагалось создание двух АНПА, которые откроют большие возможности для проведения исследований в области навигации, рыболовства, эксплуатации подводных месторождений, прогнозирования погоды.

Один из них, АНПА DOLPHIN (Deep Ocean Long Path Hydrographic Instrument) (рис. 5), предназначен для измерений в толще воды.

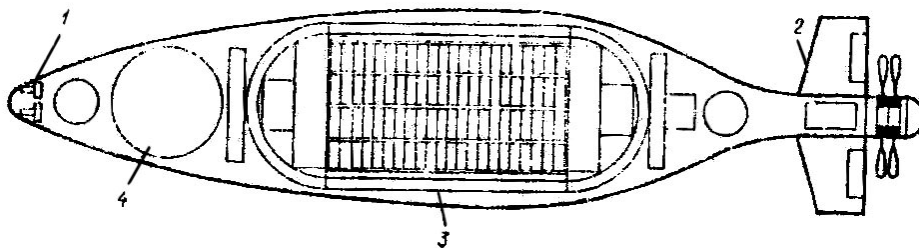


Рис. 5 - АНПА DOLPHIN:

1- антенны системы Argos и GPS; 2- блок управления рулями; 3 – балластная цистерна; 4 - источники энергии, система управления и полезная нагрузка.

Аппарат может быть использован для сбора информации на маршруте в режиме программного управления. Он будет погружаться и двигаться вблизи дна, всплывая через каждые несколько десятков километров, чтобы передать на ИСЗ системы GPS информацию для последующей ретрансляции ее на наземные станции и приема новой программы действий. Основной проблемой при создании АНПА DOLPHIN является оснащение его компактным источником электроэнергии с высокими удельными характеристиками, как предполагается, литиевыми источниками тока. К другим проблемам, которые предстояло решить при создании АНПА DOLPHIN, относятся: выбор материала конструкции и формы корпуса, обеспечивающей низкое гидродинамическое сопротивление, обеспечение спутниковой телеметрией и навигацией, а также внедрение в систему управления элементов искусственного интеллекта.

АНПА DOGGIE (Deep Ocean Geological and Geophysical Instrumented Explorer), в котором используется ряд систем АНПА DOLPHIN, предназначен для решения совершенно других задач (рис. 6). Аппарат будет опускаться к морскому дну и, двигаясь по заданному маршруту с высокой точностью при отстоянии от грунта от 50 до 500 м, производить картографирование дна с помощью комплексной акустической аппаратуры (ГБО, профилографа, доплеровского лага). Собранные данные будут передаваться на судно обеспечения при возвращении аппарата на борт. Форма корпуса АНПА DOGGIE определяется в большей степени необходимостью размещения научной аппаратуры, чем требованием снизить (как в АНПА DOLPHIN) гидродинамическое сопротивление, поскольку дальность и продолжительность его плавания меньше. Оба аппарата должны быть приспособлены для решения возлагаемых на них задач в сложной, всегда изменяющейся окружающей среде, а также должны удовлетворять научным требованиям выборки данных, когда возникает потребность в них [6].

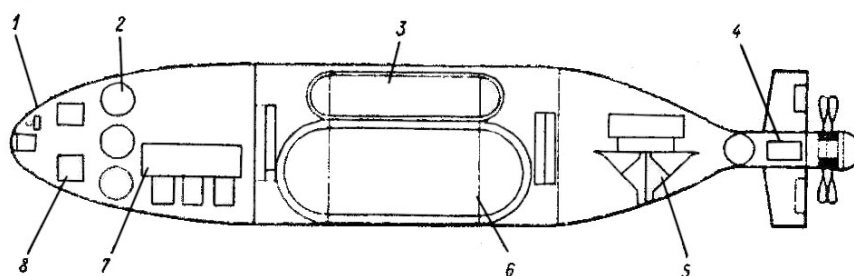


Рис. 6 - АНПА DOGGIE:

1- антенны системы Argos; 2 - балластная цистерна; 3 — аппаратура управления и полезная нагрузка; 4 — блок управления рулями; 5 — доплеровская навигационная аппаратура; 6 — источник питания; 7 — профилограф; 8 — гидролокатор обхода препятствий.

Фирмы Kansai Electric Power и Mitsui Engineering & Shipbuilding (Япония) совместно разработали необитаемый ПА RTV - КАМ. При осмотре морского дна он способен перемещаться как самостоятельно, так и на буксире. Главные размерения аппарата 1,84x0,63x0,54 м, максимальная скорость при самостоятельном движении 3 уз. АНПА оснащен поворотной видеокамерой, обеспечивающей сектор обзора 350° (рис. 7). Максимальная глубина использования 90 м [7].

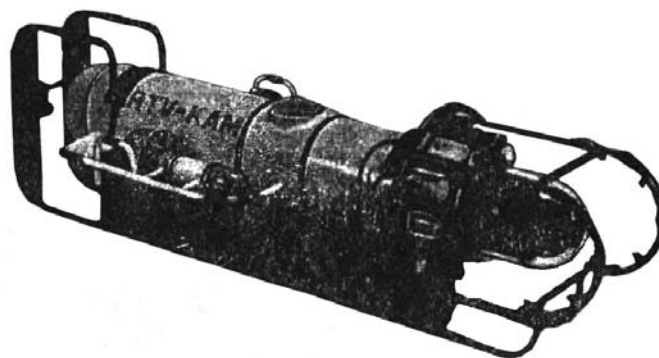


Рис. 7 - АНПА RTV-KAM

Фирма Challenger Oceanics приступила к проектированию АНПА LR – 6000 с двигателем Стерлинга фирмы Kockums (Швеция), который будет способен проходить до

6000 км со скоростью до 8 уз. и при этом нести полезную нагрузку массой до 1500 кг (табл. 2).

Таблица 2. Параметры и оборудование АНПА

Наименование (страна)	ТТХ				Оборудование				
	Рабочая глубина, м	Масса, кг	Автоном- ность, час	Скорость, уз.	Тип СУ	ГАС	ВК	НГС	ФК
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
XP-21 (США)	60	.	28	3-4	П, ИИ	+	-	+	-
Sea Sqirt (США)	60	30	10-12	3	ИИ	+	-	+	-
UUV (США)	1000	68000	.	До 10	ИИ	+	.	+	.
ARUS (США)	6000	.	240	5	П, ЭИ	+	+	+	+
LR-6000 (США)	>250	12600	380	8	П, ЭИ	+	.	+	.
DOLPHIN (Великобритания)	6000	.	100	3-4	П	+	-	+	+
DOGGIE (Великобритания)	6000	.	100	3-4	П	+	-	+	+
RTV-КАМ (Япония)	30	.	6-8	3	П, ЭИ	+	+	+	+

Обозначения: ВК – видеокамера; ФК – фотокамера; НГС – навигационная гидроакустическая система; П – программа; ЭИ – элементы искусственного интеллекта.

Центр океанических систем NOSC (Naval Ocean Systems Center) провел в 1989-1990 гг. морские испытания аппарата поисково-обследовательского назначения AUSS, на базе которого прорабатывается возможность создания противоминного АНПА FSMNV (Free-Swimming Mine Neutralization Vehicle).

Вудсхолский океанографический институт WHOI (Woods Hole Oceanographic Institute) занят проблемой увеличения автономности плавания малогабаритного АНПА научно-исследовательского назначения до нескольких месяцев, а также создания АНПА - испытательной платформы (продолжение программы Jason) [1].

Помимо научно-исследовательских институтов и организаций, проблемами разработки перспективного АНПА заняты промышленные концерны. Так, например, фирма Boeing Aerospace (США) разрабатывает энергетическую установку АНПА, которая может вырабатывать 1000 кВт·ч электроэнергии в течение 10 дней, фирма Eltech Research Corp. (США) — электрохимические источники энергии (ИЭ) на основе кислорода и алюминия с энергоемкостью до 200—300 кВт·ч.

В США начаты исследования по созданию энергетических установок для АНПА, использующих для сжигания топлива кислород, полученный из морской воды с помощью специального устройства «искусственные жабры». Средние затраты энергии составляют порядка 1,33 Вт·ч на литр получаемого кислорода, предполагается добиться производительности получения кислорода до 150 л/мин, что позволит применять в АНПА двигатели внутреннего сгорания. Продолжаются интенсивные исследования, направленные на создание литиевых источников энергии с высокими удельными характеристиками. В частности, в США успешно проведены испытания источников энергии с литиевым анодом, применение которых позволит повысить удельную энергоемкость в 2 - 6 раз по сравнению с

традиційними. Литієві ІЕ, по мненню зарубіжних спеціалістів, мають рядом переваг, таких як:

- широкий діапазон робочих температур;
- висока вібростійкість;
- довгий термін зберігання;
- високі удільні характеристики;
- малі маса і габарити [1].

В якості перспективної розглядається можливість застосування малогабаритних ядерних джерел енергії.

Фірмою Westinghouse Electric Corp. (США) ведуться дослідження по збільшенню дальності ходу АНПА за рахунок ламинаризації пограничного шару води у корпусі АНПА, що дозволить значно знизити гідродинамічне опір руху апаратів. В частині, досліджується можливість введення в пристінну область турбулентного потоку рідини домішок високомолекулярних сполучень. Опір тертя навіть при введенні незначительних концентрацій полімерних розчинів, наприклад, поліокса, зменшується по деяким оцінкам на 80 %: для досягнення максимального ефекту зменшення турбулентного тертя достатньо 0,01-0,02 % полімера в розчині (рис. 8).

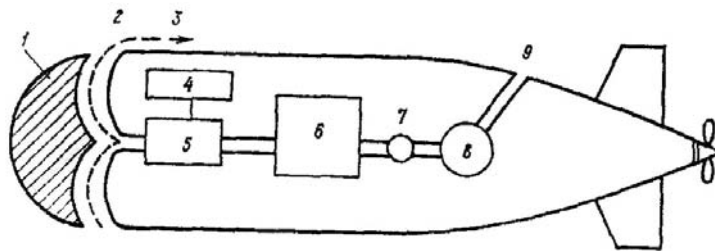


Рис. 8 - Система введення полімерних домішок в пограничний шар АНПА:

1 — секція з електронною апаратурою; 2 — кільцева щільність; 3 — напрям руху розчину полімера, 4 — ємність з полімером; 5 — змішувальна ємність; 6 — нагрівач води; 7 — клапан, 8 — насос; 9 — водозабірник.

Ще один спосіб зменшення опору руху шляхом ламинаризації - відсос пограничного шару. При цьому:

зменшується товщина пограничного шару і відповідно зменшується тенденція його переходу в турбулентний стан;

відбувається зміщення точок ламинарно-турбулентного переходу в напрямку потоку рідини.

Відсос пограничного шару відбувається через проникнувальну обшивку - тонку металеву оболочку, перфоровану отворами невеликого діаметра. Лазерним променем «просверлюються» найменші отвори по всій поверхні, з розрахунку 250 отворів на квадратний сантиметр.

Національним науково-дослідницьким інститутом в Нью-Гемпширі проводяться дослідження по створенню експертної системи для управління і обробки інформації АНПА. В частині, вивчаються проблеми:

- розробки методів одночасної обробки цифрової інформації і інформації в формі символів;
- самоаналізу стану системи управління;

- функционирования системы управления АНПА в реальном масштабе времени.

Проблемами формирования базы знаний системы ИИ для АНПА занимаются университеты Карнеги - Меллона, Атлантический (во Флориде).

Центром Systems and Research Center (США) фирмы Honeywell и группой Ground Systems Group (США) фирмы Hughes Aircraft разрабатывается действующий макет «интеллектуальной» СУ, обеспечивающей функционирование АНПА в недетерминированной среде в условиях неопределенности и управление в супервизорном режиме по гидроакустическому каналу связи путем передачи речевых команд. СУ АНПА позволит использовать АНПА в программном режиме, причем непосредственно оператор программы сможет вводить в виде формализованных задач на естественном языке.

Поскольку проницаемость поверхности связана с градиентом давления, для обеспечения равномерности отсоса она должна быть переменной по длине корпуса. Это достигается подбором диаметра и расположением отверстий при изготовлении обшивки (рис. 9).

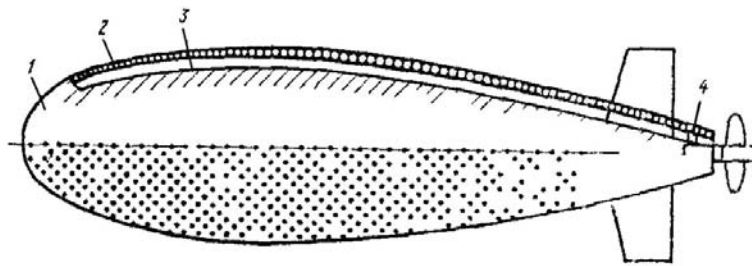


Рис. 9 - Система отсоса пограничного слоя АНПА:
1 - корпус АНПА; 2 - перфорированная обшивка; 3 - водосборный канал; 4 - осевой насос.

Особое место в исследованиях по созданию АНПА занимает проблема автоматизации систем управления.

Лабораторией морских исследований (США) разрабатываются системы дальней подводной навигации, позволяющей обеспечить контроль за местоположением АНПА на удалении более 100 миль, а также малогабаритный топливный источник энергии для обследовательских АНПА. Центр военно-морских систем Naval System Warfare Center (NSWC) совместно с Техасским университетом отвечает за системы наблюдения и слежения за АНПА.

Динамика совершенствования СУ АНПА позволяет определить концептуальный подход к их развитию.

Наиболее перспективным направлением автоматизации АНПА, по мнению зарубежных специалистов, является проведение фундаментальных и прикладных исследований в области внедрения средств и методов ИИ в СУ АНПА.

Интеллектуальный АНПА должен эффективно действовать в условиях частичной и полной неопределенности в недетерминированной среде. При этом СУ АНПА, независимо от его функционального назначения, должна обеспечивать движение по маршруту, выбор оптимальных режимов движения в зависимости от поставленной задачи и внешних условий, принятие решения на выполнение задачи, распознавание образов, донесение о выполняемой работе, возвращение в заданную точку.

Основные направления исследований в области применения ИИ (в том числе и для СУ АНПА):

- разработка экспертных систем;
- создание робототехнических средств;
- создание систем распознавания образов.

Совокупность интеллектуальных функций СУ АНПА: распознавание образов, обучаемость, самообучаемость; устранение неточности, неопределенности, противоречивости и избыточности информации; адаптация к внешним условиям; автоматический синтез алгоритмов принятия решения.

Реализовать интеллектуальные функции в СУ АНПА, по мнению зарубежных специалистов, можно, если строить ее по иерархическому принципу в виде, как минимум, двухуровневой структуры. Так, например, в лаборатории проблем ИИ университета Heriott Watt разработана интеллектуальная СУ АНПА (рис. 10).

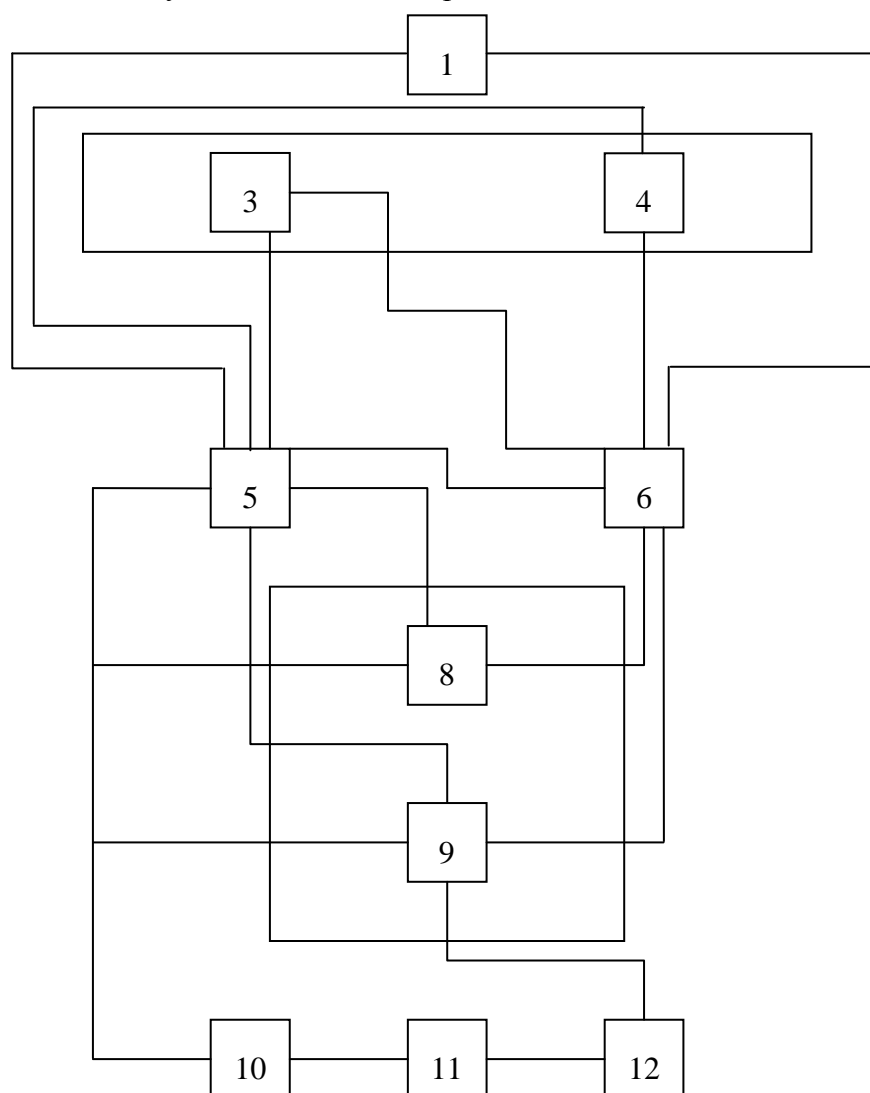


Рис. 10 - Адаптивная система управления АНПА

1 – супервизорная связь; 2 – уровень микрокоманд, 3 - система распознавания образов, 4 - система принятия решений, 5 - система координации режимов работы, 6 - система адаптации, обучения и самообучения, 7 - уровень микрокоманд, 8 - система планирования и программирования действий, 9 – система управления движением, 10 – информационно-измерительная система (система сенсорных и тактильных датчиков), 11 – внешняя среда, 12 – исполнительные механизмы

В рамках програми Autonomous Land Vehicle Program розробляється і технологія адаптивних СУ АНПА, позволяючих виробити вибір режиму роботи, рух по програмі і обхід перешкодж. Двухуровнева СУ АНПА представляє собою апарат управління, оснований на взаємозв'язі рівней макрокоманд (стратегічний рівень) і мікрокоманд (тактичний).

На рівней макрокоманд СУ вирішує задачі прийняття рішення і вироботки стратегії поведіння, задачі розпізнавання образів і адаптації. На рівней мікрокоманд — планування дій АНПА на основі моделі зовнішньої середовища і отримуваних команд управління. Домінуюче положення в загальній структурі СУ АНПА займає система управління функціонуванням АНПА. Разом з тим без наявності високорозвитої вимірювально-інформаційної системи її функціонування неможливо.

Концепцією створення АНПА з ІІІ передбачається його оснащення комплексом сенсорних і тактильних датчиків (рис. 11).

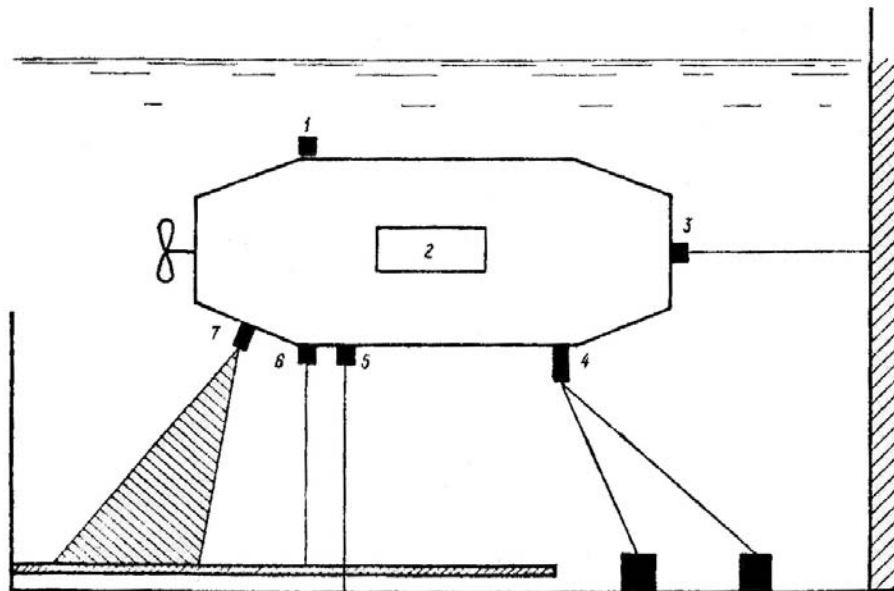


Рис. 11 - Система сенсорних і тактильних датчиків перспективних АНПА
1 – датчик глибини; 2 – гідролокатор, 3 – магнітний компас, 4 – ВК з відеомагнітофоном,
5 – вимірювач відстані від ґрунту, 6 – магнітометр, 7 – маяк-відповідач.

Модель функціонування такої СУ АНПА представляється як реалізація окремих підфункцій, структурованих певним чином (рис. 12)

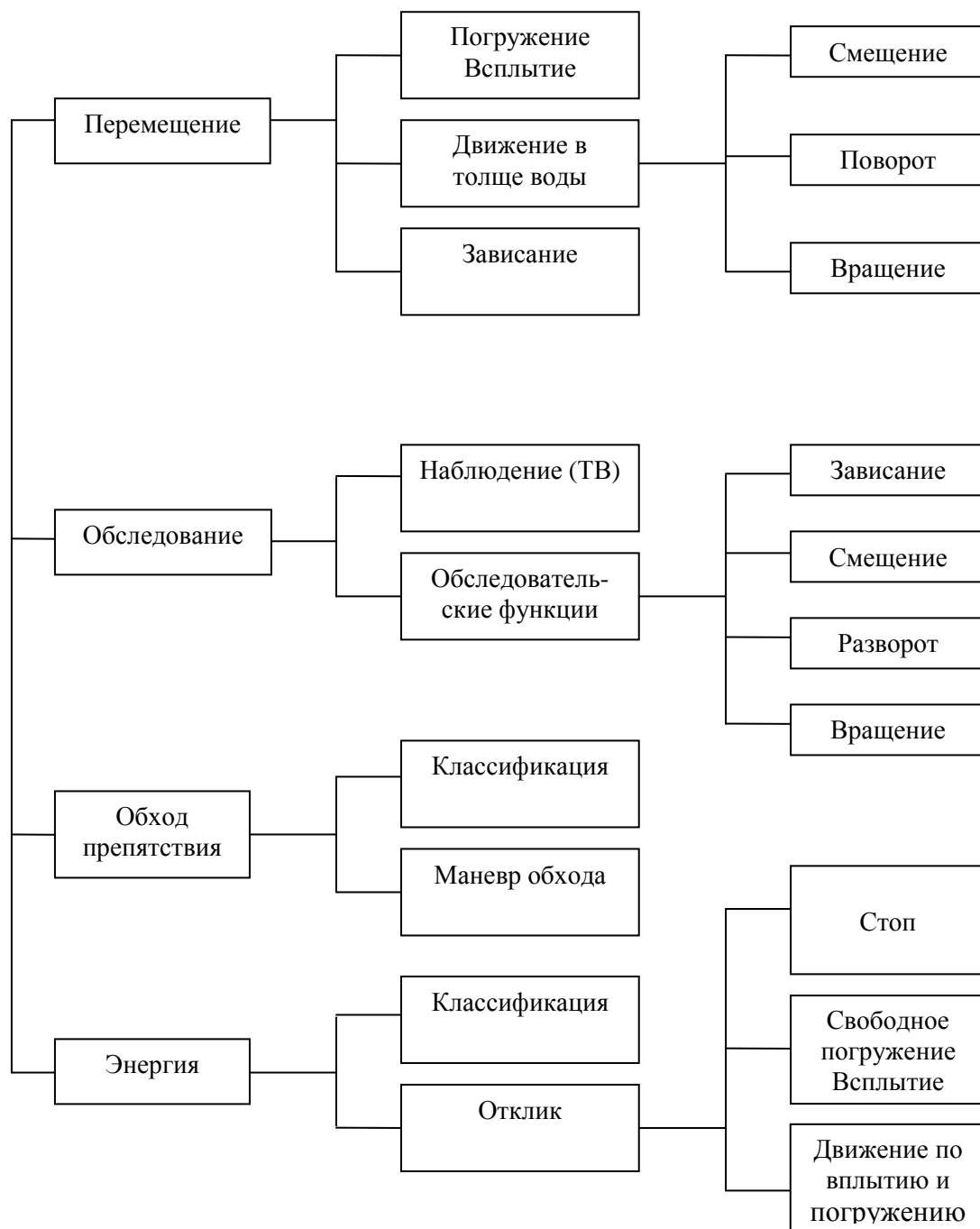


Рис. 12 – Модель функционирования АНПА.

СУ АНПА представляет собой многоуровневую систему замкнутого типа с информационным обменом между функциональными уровнями (рис. 13)



Рис. 13 - Многоуровневая система управления замкнутого типа

СУ АНПА с ИИ предполагает определенный порядок функционирования.

На основании первоначального плана действий, заложенного в бортовую ЭВМ, включающего информацию о районе, гидрологических характеристиках и характере грунта, блоком выбора стратегии определяется наиболее эффективный способ решения поставленной задачи без учета внешних воздействий, маршрут следования (характер маневрирования), скорость и глубина хода. Подготовленный к работе АНПА выполняет маневрирование посредством движительно-рулевого комплекса, осуществляет наблюдение посредством сенсорной системы. При этом непрерывно происходит учет аномалий, вносимых внешней средой, и корректировка стратегии поведения АНПА. На основании исходных данных и данных, получаемых от сенсорной системы, производится распознавание образов и принятие решений на выполнение поставленной задачи.

Основой системы управления с элементами ИИ является база знаний, сформированная на основе базы данных по соответствующим правилам управления. Пожалуй, наиболее сложной проблемой, как в формировании базы знаний, так и в извлечении информации, является проблема распознавания образов, обусловленная недостаточностью исходной априорной информации об объектах распознавания. Так, например, АНПА поисково-обследовательского назначения должны распознавать объекты,

находящиеся на грунте, в том числе частично заиленные, частично или полностью разрушенные. Поскольку статистическая информация такого рода практически отсутствует, то формирование базы данных становится проблематичным. Вместе с тем, в перспективе такого рода проблемы должны решаться за счет совершенствования системы правил управления, обеспечивающих принятие решения в условиях частичной или полной неопределенности.

Разработка АНПА рассматривается за рубежом как одно из наиболее перспективных направлений освоения океана в гражданских и военных целях.

Отмечается тенденция к образованию международных консорциумов в обеспечение проведения фундаментальных и прикладных исследований по созданию перспективных АНПА, что характеризует сложность решения проблемы.

Наряду с традиционными тенденциями совершенствования подводно-технических средств, таких как улучшение массогабаритных характеристик, расширение диапазона рабочих глубин, оснащение высокопроизводительным оборудованием, наметилась тенденция перехода на качественно новый уровень АНПА за счет:

применения нетрадиционных высокоэнергоемких источников, обеспечивающих автономность до нескольких месяцев;

внедрения средств и методов ИИ, позволяющих наделять перспективные АНПА элементами разумной деятельности, в частности, при раскрытии и анализе обстановки, адаптации к изменениям, принятии решения.

Основные модели современных автономных подводных аппаратов приведены в приложении А.

Литература

1. Sea Technology, 1985, V.26, № I, P. 60-62; 1990, V. 31, № 5, P. 65, 67, 69, 71, 73.
2. Илларионов Г.Ю., Карпачев А.А. Исследовательское проектирование автономных необитаемых подводных аппаратов. Владивосток: Дальнаука, 1998.
3. USN1P, 1988,114. VIII. № 8(1027), 123, 124.
4. Defense News, 1990.5,9/IV, № 15, 61.
5. Bulletin of the Society of Naval Architects of Japan, 1988, №11,7.
6. Underwater Technology, 1990, V. 15, № 4, P. 19—25.
7. Marine Log, 1987, 92, № 13, 54.
8. AUV'90, 1990, 5--6/V1, Вашингтон, Problems of Autonomous ROVs.
9. "Intervention '1990", 25—27/VI, Ванкувер.
10. ROV-90 Transactions
11. Судостроение за рубежом, 1991, № 7/8. - С. 21-35.
12. Hydro international : Global Navigation Satellite Systems / publishing company "Reed Business Information". - 2006, september - . - Lemmer , - ISSN 1385-4569. vol. 10 № 7, P. 34-37.

Приложение А

Таблица А.1. Современные АПА [12]

Компания	ATLAS MARIDAN ApS	ATLAS ELEKTRONIK GmbH	+C Technologies C		
	ATLAS SeaOtter MkI	MARIDAN SeaOtter MkII	C-Surveyor-I	C-Surveyor-II	C-Surveyor-III
Название продукции	SeaOtter MkI	SeaOtter MkII			
Вид аппарата	Автономный подводный аппарат		Kongsburg Simrad		
			Hugin 3000	Hugin 3000 с увеличенным корпусом, с модернизацией C&C и программным обеспечением	Hugin 4500
Общее количество созданных АПА	5	На стадии разработки	3	-	-
Назначение	Отображение морского дна, гидрографическая съемка		Геофизическая съемка, обследование трассы трубопровода, кабельной трассы и окружающей среды		
Масса (в воздухе) (кг)	1500 кг	1100 кг	1400 кг		
Макс. полезная нагрузка, кг	300 кг	-			
Масса груза (кг)	-	-			
Габариты (Длина x Ширина x Высота) (м)	4,5 x 1,2 x 0,6	3,45 x 0,98 x 0,48	5,5 x 1,0 x 1,0	6,53 x 1,05 x 1,05	6,53 x 1,05 x 1,05
Макс. допустим. глубина, м	600	600	3000	3000 (при модернизации до 4500)	4500
Кол-во двигателей: управление по курсу/поперечное управление	2/0	2/3	1 гребной винт – направленный киль		
Возможности зависания АПА	нет	да			
Минимальный радиус поворота, м	10 м (регулируемый)	< 10 м	15 м		
Вид системы спуска и извлечения, способ извлечения АПА	Специально предназначенная швартовная лебедка, которая может применяться с кран-балкой/ шлюпбалкой вместе со шпилем (система ATLAS LARS).		Носовой обтекатель АПА, присоединенный к канату, применяется, когда АПА на поверхности. Гарпун используется для извлечения каната. АПА тянут на специальных салазках, и перемещают в цех для тех. обслуживания.		
Навигационные датчики - стандартные	Инерциальная навигационная система MARPOS, соединенная с доплеровским лагом, DGPS, CTD и датчиками давления, резервирование аппаратных средств, ПО и алгоритмов		INS		
Навигационные датчики – дополнительные,	USBL, LBL, синтетический LBL	USBL, LBL, SLAM, синтетический LBL			
применяемые с целью модернизации позиционирования, если установлены INS во время погружения			DVL, волоконно-оптический гироскоп, система USBL HiPaP		
Датчики полезной нагрузки – стандартные	Klein 2000, Многолучевой эхолот Reson 8125, профилограф твердого дна Geochirp	Многолучевой многокурный гидролокатор SAS ATLAS	Многолучевой эхолот EM2000 Kongsburg Simrad ГБО Edgetech 120/410 кГц., ГБО Edgetech с фокусировкой DW 106 220/410 кГц, ЛЧМ - профилограф твердого дна Edgetech 2-8кГц 1-6 кГц 1-6кГц		
Датчики полезной нагрузки – дополнит.	По выбору заказчика		Солемер и термометр – Seabird SBE 19. Датчик метана		
Запас энергии батарей (кВтч)	-	-	45	45	60+
мощность батареи (Вт)	-	-	900	900	900
Выносливость при номинальной мощности (часы)	7 (свинцово-кислотная), 15 (NiMH)	24@ 4kp	50+	75+	75+
Средн/макс. скорость, уз	3/5	4/8	4	4	4
акустическая телеметрия/ скорость передачи в бодах	Акустический модем		Канал передачи акустических данных – Link Quest 12.75-21.25 кГц. Канал акустических команд – преобразователь 24-28 кГц Kongsberg Simrad.		
радиотелеметрия/ скорость передачи данных в бодах	Data Radio, WLAN		Радиомаяк – Novatech 102-212444/160.785 МГц		
Данные, передаваемые на поверхность	-	-	По выбору – обработанный МВЕ, ГБО и профилографа твердого дна		
Контр. параметры, посылаемые на АПА	-	-	-	-	-
порядок действий в аварийной обстановке в случае неисправности системы	Размыкающий механизм dropweight, излучатель ARGOS, стробоскопический маяк OBЧ, аварийный излучатель		АПА имеет сбрасываемый груз, который сбрасывается в аварийной ситуации		
Применение в АПА в настоящее время	Отображение морского дна, гидрографические съемки, поиск месторождений, экспресс оценка окружающей среды	Поиск месторождений, экспресс оценка окружающей среды, разведка, контроль и рекогносцировочная съемка, силовая защита, отображение морского дна, гидрограф. съемки	-	-	-
Область применения АПА через 5 лет	-	-	Минный тралыщик./съемка берега	-	-

Продолжение таблицы А.1

Компания	Furgo		
	Echo Surveyor	Echo Mapper	
Название продукции	Hugin 3000	Bluefin 21	Bluefin
Общее количество созданных АПА	1	2	2
Масса (в воздухе), кг	1450	500	500
Макс.полезная загрузка, кг			
Масса груза, кг	13000		2000
Габариты (Длина x Ширина x Высота), м	5.35 x 1.0 x 1.0	3.9 x 0.5 x 0.5	
Мак. допустимая глубина, м	3000		
Кол-во двигателей: управление по курсу/ поперечное управление			
Возможности зависания АПА	нет		
Миним. радиус поворота, м	15		
Вид применяемой системы спуска и извлечения, способ извлечения АПА	Стандартная система Hugin L&R с гидравлическим стрингером и съемным носовым обтекателем	Стандартная шарнирная кран-балка судна	Разные, включая шарнирную А-образную раму или стандартную шарнирную кран-балку с механизмом захвата
Навигационные датчики - стандартные	датчик давления глубины – паранаучный цифровой кварцевый, доплеровский лаг для измерения скорости (DVL) – RDI измеритель основополагающего компонента WHN-300, 307кГц Полуавтомат. инерциал. навигац. система, Simrad HiPAP 500 USBL, инерциал. измерит. Устройство (IMU) – iXSEA IMU 90,		
Навигационные датчики – дополнительные			Sonardyne USBL, инерциал.навигацион. устройство – Litton LN 250 INS,
применяемые с целью модернизации позиционирования, если установлены INS во время погружения	DGPS, USBL, IMU, DVL, компас и датчик давления		
Датчики полезной нагрузки – стандартные	ГБО Edgetech Fullspectrum и профилограф твердого дна,		
Датчики полезной нагрузки – дополнит.	Метаноанализатор		
Запас энергии батареи (кВтч)	45		11
мощность батареи (Вт)	900		320
Выносливость при номинальной мощности (часы)	60-70	20	20
Средн/макс. скорость, уз	3,5/6,0	3,5/6,0	3,0/6,0
акустическая телеметрия/ скорость передачи в бодах	Link Quest 13.5 – 22.5 кГц, 4250 бит в секунду		Benthos 16-20 кГц, 800 бит в секунду
радиотелеметрия/ скорость передачи данных в бодах	Wood и Douglas UHF SX450		Freewave spreadpectrum 115 кб
Данные, передаваемые на поверхность	Набор данных mbes, sss, sbr		Данные о состоянии аппарата
Контрольн. параметры, посылаемые на АПА	Планирование задачи		Контроль выполнения задачи
порядок действий в аварийной обстановке в случае неисправности системы	Плоскость для извлечения: падающий груз, надувная пневматическая диафрагма, система балластных цистерн, радиомаяк, акустический излучатель, импульсное освещение сверху судна и на носу		
Применение в АПА в настоящее время	Съемка морского дна для разработки газовых и нефтяных месторождений, особенно на глубоководье (>500м WD)		
Общее кол-во в перспективе через 5 лет		15	15
Область применения АПА через 5 лет	Дистанционный контроль		Разработка месторождений нефти и газа, мониторинг окружающей среды

Окончание таблицы А.1

Компания	Kongsberg Maritime			Prizm Adv. Comm. Electr., Inc.
	HUGIN 1000	HUGIN 3000	HUGIN 4500	
Название продукции	HUGIN 1000 HUGIN 3000 HUGIN 4500			Fetch 3.5 Class AUV
Вид аппарата	АПА (включая контролируемые или автономные режимы функционирования)			Полностью автономный ПА
Общее количество созданных АПА	10 вкл. HUGIN 3000	10 вкл. HUGIN 1000	10 вкл. HUGIN 1000	7
Назначение	Морская нефтяная и газовая съемка, военное исследование			
Масса (в воздухе) (кг)	500-750 (Зависит от конфигурации батареи и полезной нагрузки)	1400	1900	73
Макс. полезная нагрузка, кг	150	250	350	единая
Масса груза (кг)	Так же, как и выше			85
Габариты (длина x ширина x высота) (м)	4,5 x 0,75	2,3 конический	6,0 x 1,00	2,3 конический
Макс. допустим. глубина, м	Варианты 1000 и 3000		200	200
Кол-во движителей: управление по курсу/ поперечное управление	Не применяется			Один
Возможности зависания АПА	Не применяется			
Минимальный радиус поворота, м	12	15	18	9
Вид системы спуска и извлечения, способ извлечения АПА				
Навигационные датчики - стандартные	INS, DVL, датчик давления, альтиметр (вперед и вниз), GPS			программа планирования задачи Fugawi Echart, WAAS активизирует GPS, RDI измеритель основополагающего компонента, доплеровский лаг скорости, компас TCM2
Навигационные датчики – дополнительные	USBL, NavUTP (диапазон транспондера), навигация по рельефу местности, SAS микронавигация			IXSEAA Phins (инерциальная. навигационная система)
применяемые с целью модернизации позиционирования, если установлены INS	USBL, NavUTP (диапазон транспондера), навигация по рельефу местности, SAS микронавигация			WAAS активизирует GPS
Датчики полезной нагрузки – стандартные	CTD, SSS, SAS (KM HISAS), MBE (EM 3000/3002)	CTD, SSS, SBP, MBE	CTD, SSS с динамической фокусировкой, SBP (сфокусирован), MBE	ГБО, проводимость, датчик глубины и температуры (STD), альтиметр
Датчики полезной нагрузки – дополнительные	эхолот рыбопоисковый (ЕК 60), датчик мутности, метаноанализатор, SSS, лазерный оптический измеритель планктона (LOPC), метаноанализатор	SAS		Системы профилирования, гидролокатор для предупреждения столкновений с подводными препятствиями, гидрофон, датчик растворенного кислорода, датчик PH, различные видеосистемы, волоконный привязной блок, прямой видеозобор
Запас энергии батареи (кВтч)	Литиевая полимерная батарея с допустимым давлением 3x6 кВтч – всего 18 кВтч	Полутопливный элемент: 45 кВтч	Полутопливный элемент: 60 кВтч	До 5
мощность батареи (Вт)	Зависит от скорости и полезной нагрузки			24 номинальная:
Выносливость при номинальной мощности (часы)	Аппарат: $\approx 25 @ 4kn$, с полезн. нагрузкой $\approx 16-20 @ 4kn$	10+ @ 5kn	С полезной нагрузкой (SSS;SBP;MBE): 70 @ 4kn	10+ @ 5kn
Средн/макс. скорость, уз	4/6	4	4	Максимальная 10
акустическая телеметрия/ скорость передачи	Канал акустических команд: 50 бит в с., канал передачи акустических данных: 4-8 кбод, аварийный канал: 10 бод			Не требуется
радиотелеметрия/ скорость передачи данных в бодах	Канал RF: 9,6 кб, спутниковый канал: 2,6-9,6 кб			
Данные, передаваемые на поверхность				
Контр. параметры, посылаемые на АПА				-
порядок действий в аварийной обстановке в случае неисправности системы				
Применение в АПА в наст. время	Морская нефтяная и газовая съемка, военное исследование			-