

Алексей Смирнов, первый зам. нач. СПбУ ГПС МЧС России, докт. техн. наук, профессор; **Сергей Турсенов**, зам. нач. центра организации науч.-иссл. и ред. деятельности СПбУ ГПС МЧС России, канд. техн. наук, доцент; **Андрей Маевский**, руководитель отдела морской робототехники, СПбГМТУ. Фото предоставлены авторами

РОБОТОТЕХНИКА В МОНИТОРИНГЕ ГЛУБИН

Для обеспечения постоянного контроля состояния подводных потенциально опасных объектов, выявления загрязнений на морской акватории как реальных рисков возникновения ЧС, которые могут привести к экологической катастрофе, предлагается использовать резидентные робототехнические комплексы донного базирования.

Такое решение является синергией уже используемых и перспективных передовых технологий. Комплекс донного базирования состоит из гибридных необитаемых аппаратов и донных станций. Он может обеспечить постоянный сбор данных как в автономном, так и в автоматическом режиме, их обработку на единичном аппарате или в группе аппаратов с помощью подводных оптических беспроводных каналов связи и нейросетей, с возможностью децентрализации. Одновременно он может оперативно передавать данные и (или) результаты их обработки на доковые станции и (или) иные шлюзы. Реализация на практике этого метода позволит иметь в режиме, близком к реальному времени, актуализированные данные о состоянии акваторий, а также спрогнозировать распространение загрязнений при их выявлении и принять оптимальные решения по борьбе с ними.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Функция по предупреждению и мониторингу чрезвычайных ситуаций на подводных потенциально опасных объектах (ППОО) в рамках функциональной подсистемы РСЧС возложена на МЧС России. Основными источниками информации о состоянии таких объектов могут выступать либо их постоянный осмотр, либо дистанционный мониторинг и контроль состояния ППОО и акватории вокруг них. Контроль загрязнения акватории, где в качестве источника загрязнения выступает подводный потенциально опасный объект, нужен для раннего предупреждения опасной экологической ситуации, получения необходимой информации для ее ликвидации и прогнозирования распространения загрязнений.

В целях выполнения поставленных задач МЧС России ежегодно проводит об-



Для обследования акватории используется подводный глайдер

следования ППОО на акваториях РФ. Помимо этого, планируются и ведутся НИР и ОКР по созданию специализированных технических средств для обеспечения обследований. К таким средствам относятся телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА), классические автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА), подводный и волновой глайдеры. Соответственно, требуется также разрабатывать и (или) адаптировать модели и методики их применения, алгоритмы группового взаимодействия для достижения наилучшего результата.

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ППОО

Для мониторинга и обследования ППОО широко используются ТНПА (рис. 1а). Чтобы обеспечить их полноценную работу, необходимо оснастить исследовательское судно соответствующим оборудованием, спускоподъемным устройством и иметь профессиональный персонал, отвечающий за функционирование аппарата, а также обеспечить безопасность персонала от воз-

можного воздействия различных загрязнений ППОО. Классический паттерн применения ТНПА – это обследование акватории, сбор данных с датчиков, которые подобраны под каждый тип ППОО, и получение визуальной информации о состоянии объектов и мест их расположения. Реже проводится непосредственно тактильная работа с ними, например отбор проб, образцов, обезвреживание опасных объектов. Для этого обязательно наличие многофункционального манипуляторного комплекса (МК).

Инспекция ППОО проводится и с применением АНПА (рис. 1б). Эти аппараты в полностью автономном режиме могут обследовать акваторию, собирая данные с сенсоров, установленных на аппарат. Недостатком такого метода является его малая энергоэффективность.

Перспективным считается использование подводных глайдеров (рис. 1в), обладающих продолжительной автономностью, а также гетерогенных групп на их основе (в составе группы – волновой глайдер, как носитель сенсорики и аппаратуры



а) ТНПА



б) АНПА



в) подводный глайдер

Рис. 1. Системы мониторинга ППОО

дальней связи, и (или) носитель ТНПА осмотрового класса). Такие группы необитаемых аппаратов могут собирать и уточнять данные в автоматическом режиме, обрабатывать их на аппаратах и в группе аппаратов с помощью нейросетей, с возможностью децентрализации, и оперативно передавать данные и (или) результаты их обработки на исследовательские станции.

Исходя из опыта разработки и использования вышеназванных аппаратов, с учетом их достоинств и недостатков, видится актуальным применение современных резидентных технологий.

РЕЗИДЕНТНАЯ РОБОТОТЕХНИКА

Такое название получил новейший класс морских робототехнических комплексов, предназначенных для постоянного функционирования на акватории с базированием на подводных доковых станциях, которые обеспечивают подзарядку, смену инструментария и конфигурации аппарата в зависимости от типа планируемой миссии и коммуникации с береговым или судовым центром управления. Подводные резидентные системы (рис. 2) – это самое развивающееся и востребованное направление морской робототехники в мире. Основой их является разработка интервенционных необитаемых аппаратов, как правило, гибридных исполнений (ТНПА/АНПА). Они отличаются своей многофункциональностью и высоким уровнем интеллектуализации, а также имеют целый ряд сопутствующих технологий, обеспечивающих длительное функционирование аппаратов в экстремальной морской среде. В зарубежной практике такие комплексы в основном используются для контроля и обслуживания подводных месторождений, которые и являются потенциально опасными объектами, а также в составе океанографических обсерваторий.

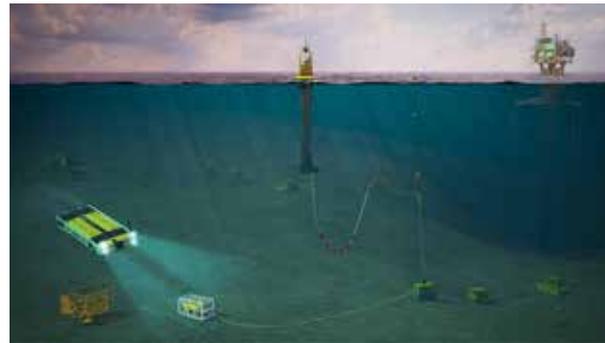


Рис. 2. Применение подводных резидентных аппаратов в составе робототехнического комплекса донного базирования

Рассмотрим задачу мониторинга большого захоронения ППОО с разрозненно лежащими объектами.

Для обеспечения их мониторинга предлагается использовать резидентный АНПА (либо группу АНПА), оснащенный манипуляторным комплексом и функционирующий со станцией базирования/подзарядки, связанной с исследовательским центром через систему удаленного контроля и управления, которая может быть основана на технологиях дальней связи 4G/радиосвязи (рис. 3). В качестве полезной нагрузки на аппарат могут быть установлены:

- STD зонды и датчики скорости звука для определения параметров температуры, плотности, солености и скорости движения жидкости;
 - лазерные датчики метана (LMS) для определения концентрации метана в жидкости;
 - датчики различного исполнения для определения уровня нефтяного загрязнения (к примеру, SeaOWL);
 - приборы измерения фотосинтетического активного излучения в воде (PAR), включая датчики наблюдения параметров фитопланктона (FIRe);
 - датчики химических веществ, радионуклидов и т. д.;
 - съемные рабочие органы МК разных типов, позволяющие брать различные фракции грунта;
 - банк кассет на борту аппарата, в которые могут быть помещены фракции грунта или другие пробы, взятые при помощи МК.
- АНПА может осуществлять постоянное обследование определенной области, собирать сведения о загрязнении воды, а также брать пробы грунта для анализа.

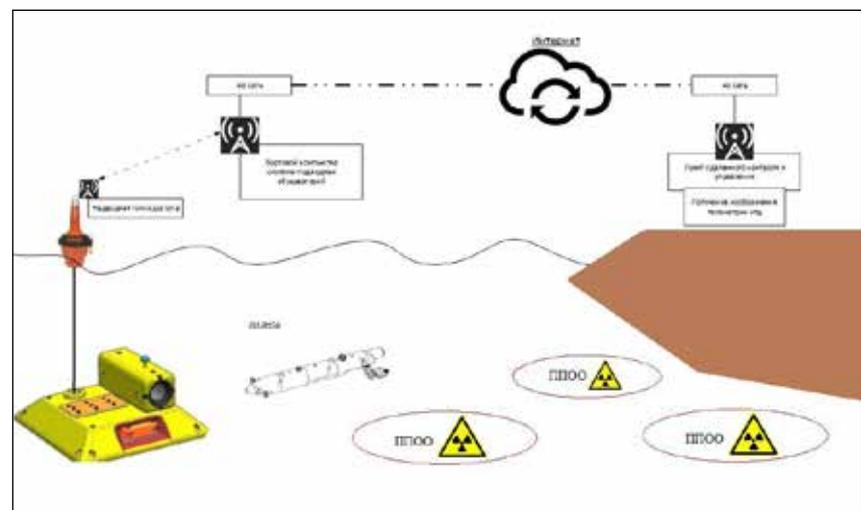
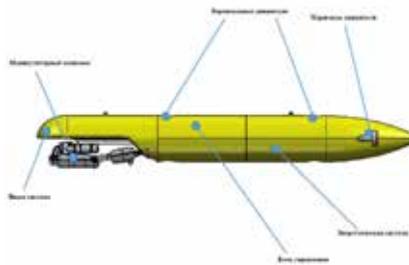


Рис. 3. Робототехнический комплекс донного базирования



а) демонстратор технологий легкого интервенционного АНПА



б) схема расположения элементов ЛИАПА



в) пример выполнения работы по отбору проб грунта

Рис. 4. Реализация отечественного проекта:

Собранные данные могут анализироваться как на аппарате, так и на донной станции, с применением нейросетевых технологий, либо они могут быть собраны/накоплены и отправлены на пункт удаленного контроля и управления. Такой способ мониторинга позволит незамедлительно отреагировать на изменение параметра, описывающего процесс начала загрязнения. По оценкам норвежских специалистов, замена традиционной технологии использования ТНПА на резидентную обеспечивает сокращение операционных издержек более чем на 30 %, в том числе за счет сокращения персонала в два раза.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ

Вот уже 10 лет Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России совместно со своими партнерами ведет инициативную последовательную разработку технико-технологической составляющей ряда инновационных проектов, направленных на развитие сферы резидентной робототехники. Подводный глайдер и манипулятор, волновой глайдер, кастомизированные ТНПА, а также морские групповые технологии обеспечивают всестороннюю интеграцию имеющихся наработок в единый комплекс резидентной робототехники. С 2018 г. кооперация работ с научными предприятиями Москвы позволила реализовать комплексную разработку первого отечественного демонстратора технологий легкого интервенционного АНПА с системой беспроводной подводной оптической связи высокой производительности.

Существующий демонстратор технологий легкого интервенционного АНПА (ЛИ АНПА) (рис. 4) оснащен пятиступенным манипуляторным комплексом с электромеханическим приводом, способным в автоматическом и автономном режиме выполнять широкий спектр технических

задач в нефтегазовой отрасли и в работах по освоению ресурсов океана. Задачи, отрабатываемые на демонстраторе технологий: мониторинг подводной обстановки, подводные осмотровые и инспекционные работы, операции по управлению и обслуживанию донных объектов с помощью манипуляторного комплекса, выполнение работ по забору фракций грунта и иных образцов.

Для успешного решения этих задач на борту ЛИ АНПА реализованы системы: гидроакустической навигации, технического зрения, беспроводной подводной оптической связи (позволяет передавать информацию на скорости до 20 мбит/с), адаптивная программно-модульная система управления аппаратом, система бездрожжикового управления МК и др. Аппарат способен работать как в дистанционном проводном/беспроводном, так и в автономном режиме, что необходимо для решения практических задач резидентной робототехники.

В сентябре 2021 г. в акватории Приморской учебно-научной базы Санкт-Петербургского государственного морского технического университета прошли совместные исследовательские учения СПбУ ГПС МЧС России, АО «НПП ПТ «Океанос» и СПбГМТУ при участии Выборгского отделения Центра ГИМС ГУ МЧС Рос-



Исследовательские учения в рамках соглашения о сотрудничестве и развитии в области научно-технической деятельности

сии по Ленинградской области в рамках соглашения о сотрудничестве и развитии в области научно-технической деятельности (фото внизу). В ходе испытательных спусков было отработано моделирование поиска, обследования и мониторинга района обнаружения ППО с использованием морских робототехнических комплексов в составе:

- автономный необитаемый подводный аппарат планирующего типа глайдер для водной толщи акватории в одиночном и групповом применении;
- комплекс телеуправляемого необитаемого осмотрового аппарата легкого рабочего класса с удаленным управлением между безэкипажной платформой-носителем ТНПА на базе Ял-4П и береговым постом управления.

В целях повышения производительности действий были отработаны концепт-модели операций мониторинга, группового управления и дистанционного обследования ППО с минимизацией рисков поражения персонала факторами ППО.

Подход к анализу и мониторингу загрязнений акватории был основан на применении резидентных морских робототехнических систем. Это потенциально позволяет осуществлять постоянный мониторинг ППО, включая пространственное 3D-обследование области загрязнения, обеспечивать построение прогностических моделей большой достоверности. На приведенном выше примере обеспечения выполнения работ по мониторингу ППО с применением гибридных необитаемых аппаратов и донных станций была обоснована целесообразность их использования. Данный метод позволяет автоматизировать и снизить сложность таких работ с одновременным повышением их эффективности, а также сократить стоимость.