УДК 681.5.017:656.56(26.03)

И.Н.ОНИЩЕНКО, А.С.ПОРТНОЙ
Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Россия

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ПОДВОДНЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Рассмотрены конструктивные особенности и вопросы применения необитаемых подводных аппаратов (НПА) для осмотра, инспекции и ремонта трубопроводов на морском дне. Определен круг задач, решаемых НПА, и предложена их классификация.

The paper reviews peculiarities of construction of unmanned underwater vehicles (ROV) and possibilities of their application for inspection, reconditioning and maintenance of the seabottom pipelines. The circle of tasks soluable by ROV is listed, with addition of their classification.

В настоящее время в мировой нефтегазовой промышленности используется более 500 необитаемых подводных аппаратов (НПА) 30 различных типов. Характерные области их применения – обеспечение буровых работ, инспекция и техническое обслуживание донного приустьевого оборудования и подводных трубопроводов, специальные виды работ. С расширением масштабов использования морских пространств, с созданием разветвленной сети трубопроводов на морском дне (как внутрипромысловых – от добычной установки до берега или морского перегрузочного причала, так и магистральных), с ужесточением требований к защите морской среды от загрязнений, наметилась тенденция использования НПА для обследования морского дна, сбора океанографической информации с целью планирования маршрутов прокладки подводных трубопроводов, для инспекции и обслуживания их и связанных с ними сооружений. В отличие от судов НПА работают вблизи объектов обследования на дне, что позволяет получать точную и качественную информацию о состоянии трубопровода.

По мнению ведущих мировых экспертов, самым экономичным способом доставки нефти на сушу при морской ее добыче является трубопроводный транспорт. Трубопроводы должны прокладываться с заглублением в донный грунт, но до сих пор б□льшая их часть проводится на поверхности морского дна или с незначительным траншейным заглублением.

Мировой опыт использования подводных трубопроводов значителен. В Северном море суммарная протяженность нефтепроводов составляет более 12 тыс. км, в Мексиканском и Персидском заливах она еще больше. Уникальный глубоководный газопровод соединил через Черное море Россию и Турцию. Протяженная система подводных нефте- и газопроводов проектируется на шельфе Сахалина, начато строительство магистральных трубопроводов по дну Балтийского моря. Развитие сети Интернет стало мощным импульсом в прокладке подводных кабелей, в том числе на глубине до 2000 м. Разрабатываются специальные технические средства для прослеживания глубоководной прокладки кабелей, поиска и локализации участков их повреждения.

Малые сечения кабелей значительно ограничивают применение акустических методов при прослеживании их укладки, основным средством остаются электромагнитные методы. Для защиты кабелей от повреждения якорями судов или рыболовными снастями предусматривается их заглубление в донный грунт. Грузила обычного трала способны проникать на глубину до 0,5 м, поэтому глубина закладки кабеля варьирует в зависимости от состава грунта и составляет не менее 0,6 м. В местах якорных стоянок с рыхлым дном необходимая глубина закладки может достигать 3 м.

При прокладке подводных трубопроводов использование НПА на первом этапе предполагает сбор информации: обзор дна в районе выполнения работ, детальное изучение батиметрии, состава донных осадков и рельефа, выявление течений, элементов сейсмологии, проявление приливов и отливов. Обзорное изучение включает обычно съемку рельефа дна батиметрическим локатором и гидролокатором бокового обзора, а также регистрацию характеристик грунта профилографом.

При инспектировании НПА способны решать следующие задачи: прослеживание трубопровода или кабеля, уточнение их местоположения, оценка состояния, обнаружение повреждений и точек утечки, выявление других нештатных ситуаций. Для решения этих задач НПА требуют оснащения системой технического зрения (СТЗ), включающей видеосистему, гидролокаторы фронтального и бокового обзора, акустический профилограф, магнитометрические и электромагнитные датчики. На основе получаемой информации СТЗ выделяет трубопровод или кабель и формирует систему управляющих действий для движения вдоль трубопровода (или кабеля). При необходимости на НПА устанавливаются датчики для определения концентрации примесей в морской воде и датчики контроля параметров среды, изменяющихся при утечках нефти или газа.

Бортовая система управления НПА должна обеспечивать качество управления по курсу, скорости, глубине и высоте над грунтом, необходимое для решения поставленной задачи. По современным требованиям, комплексная навигационная система НПА должна обеспечивать выход к заданному участку трубопровода и уточнять местоположение объекта с точностью не менее 5 м.

Осмотр предполагаемого маршрута прокладки и инспектирование подводных трубопроводов и кабелей можно выполнять как с помощью буксируемых систем, так и автономными НПА (АНПА). Применение АНПА при работе с морскими трубопроводами обеспечивает, в сравнении с равноценными буксируемыми системами, следующие преимущества:

– АНПА могут двигаться точно по указанному маршруту, тогда как траектория движения буксируемого ПА отклоняется от заданного маршрута из-за влияния движения судна и подводных течений; изменение галса АНПА – занимает несколько минут, для буксируемой системы, особенно на значительных глубинах, требуется 4-6 ч;

– АНПА более производительны, выполняют съемку при скорости 3,5-4 узла, буксируемые глубоководные системы – при скорости 2-2,5 узла;

– АНПА могут быть использованы на мелководье и в зонах мощных приливов (отливов), где использование судов опасно или невозможно;

– работа АНПА может обеспечиваться как с судна, так и с берега или с вертолета;

– одно судно может обеспечивать одновременную работу нескольких АНПА, чем сокращается время работ и снижается их стоимость;

– конструкционная стоимость АНПА выше, чем у буксируемых НПА, но эксплуатационные расходы при выполнении работ меньше.

Например, при подводных работах одним АНПА HUGIN (вместо буксируемой глубоководной системы) затраты на обследование трубопровода протяженностью 81 км в Мексиканском заливе были ниже на 59 %, при обследовании участка дна площадью 26 × 17 км у побережья Западной Африки – на 39 %.

Эффективность применения НПА при обслуживании подводных трубопроводов существенно повышается объединением подсистем в единый комплекс и его интеграцией с оборудованием трубопровода. Такая система должна удовлетворять требованиям надежности, избыточности, компактности, энергоемкости и обладать способностью выполнять тонкую работу. В настоящее время НПА стали обычным средством обеспечения подводных работ, вытеснив из этой области водолазов и одноместные привязные аппараты.

Первоначально НПА создавались как исследовательские аппараты и рабочими агрегатами они стали только с существенным

расширением функций. Дальнейшее совершенствование НПА для работ на подводных трубопроводах зависит от решения следующих задач: 1) снижение диаметра кабель-троса, но с увеличением его информационной пропускной способности; 2) переход к копирующим манипуляторам; 3) создание надежных и компактных стереоскопических видеосистем.

Основные сложности применения НПА для инспекции трубопроводов связаны с предварительной подготовкой поверхности трубы. Современные стандарты предусматривают весьма высокую степень ее зачистки, и ранее эти работы выполнялись только водолазами. Используемые с этой целью НПА должны решать следующие технологические задачи: добираться до сварного шва; закрепляться на участке обработки; ориентироваться и повторно выходить в заданную точку; обеспечивать заданную степень очистки. Следовательно, возникают высокие требования к характеристикам манипуляторов, надежности НПА, тренированности оператора.

Конструктивно многофункциональные НПА становятся соизмеримы с крупными ПА – с высокими тяговыми характеристиками, большой полезной нагрузкой, с мощными специализированными манипуляторами. Ориентация на создание модульных НПА, со сменными рабочими блоками, не приводит к упрощению конструкции в силу того, что подобный аппарат, универсальный по функциональным характеристикам, обладает избыточными возможностями. Принципиальные трудности в конструировании автономных НПА связаны с ограниченной емкостью бортовых источников энергии и проблемами управлении по акустическим каналам связи из-за малой полосы частот и значительных временны́х задержек.

Вместе с тем строительно-монтажные и ремонтные работы, техническое обслуживание морских подводных трубопроводов с очисткой и инспекцией – весьма перспективная область применения НПА. Есть перспективы и в совместном их использовании с водолазами. При этом НПА выполняют следующие задачи: наблюдение и контроль за безопасностью работы водолазов; предварительная оценка состояния участка работ; освещение, видео- и телесъемка.

По специализации НПА, используемые на морских месторождениях, могут быть разделены на три группы: 1) НПА визуального осмотра – небольшие аппараты с ограниченными возможностями; 2) НПА для инспекции, способные нести полезную нагрузку до 50 кг; 3) рабочие НПА – мощные аппараты, оборудованные несколькими манипуляторами, способные нести полезную нагрузку более 100 кг. Применение различных конструктивных особенностей типа системы «рама – носитель» повышает рабочие способности аппаратов, уменьшает риск запутывания кабель-троса, потери аппарата, его повреждения при спускоподъемных операциях.

В целом использование необитаемых подводных аппаратов для строительства и эксплуатации подводных трубопроводов создает следующие преимущества:

– практически неограниченная глубина погружения и время использования;

– оперативность погружения и всплытия;

– относительно невысокая стоимость;

– портативность и простота в работе;

– снижение требований к судну-носителю;

– малая чувствительность к изменению окружающих условий;

– сохранение работоспособности при изменении позиции судна;

– повышение безопасности работы и здоровья акванавтов.

Принципиальными недостатками НПА при работе на подводных трубопроводах являются следующие факторы:

– возможность запутывания кабеля;

– тормозящее действие кабеля при движении НПА;

– трудности управления при экранировании радиоволн элементами конструкций;

– невозможность работы при отсутствии видимости;

– ограничение работы в прибойной зоне, при выводе трубопровода на берег;

– недостаточная согласованность судна и аппарата;

– относительно невысокое качество ремонтных работ.

Инспекция трубопровода заключается в исследовании его общего состояния и положения с помощью буксируемых локаторов и НПА. Последние с успехом могут быть применены и при периодическом осмотре состояния трубопроводов и при поиске их повреждений (участки провисания и смещений, недостаточное укрытие грунтом, повреждения и обрывы утяжеляющих грузов, обломки металлоконструкций, состояние опор, механические повреждения стенок, вмятины, деформации и пр.), а также проверка толщины стенок трубы и степени коррозии, состояния фланцевых стыков, крепления анодов и заземления, проверка электрохимических потенциалов.

При обнаружении участков трубы, имеющих видимые повреждения, их детальное обследование проводят с помощью рабочего НПА или водолазов. После выявления тех или иных неисправностей в состоянии подводного сооружения выполняется необходимый ремонт. По статистическим данным, для морских трубопроводов под водой чаще всего приходится решать следующие задачи:

– простой ремонт;

– расчистка обломков металлоконструкций;

– блочный ремонт на месте (разборка и сборка);

– остропка и подъем оборудования для ремонта на поверхности.