

ПРИ УЧАСТИИ КОНСТРУКТОРСКИХ БЮРО ОСК РАЗРАБОТАНА КОНЦЕПЦИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО СУДНА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ С ЯДЕРНО И РАДИАЦИОННО ОПАСНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

д.т.н А.Д.Барышников, А.А.Форст, д.т.н. А.В. Краморенко, А.Ю. Казенов, к.т.н. Н.С. Верещагин.

В настоящее время Мировой океан является сферой, где широко применяются ядерные технологии. В первую очередь, это относится к корабельным энергетическим установкам, в том числе и перспективным, а также к расположенным в прибрежной полосе АЭС. Во-вторых, это находящиеся на морском дне затонувшие и затопленные ядерно и радиационно опасные подводные объекты (ЯРОПО), в том числе 7 атомных подводных лодок (АПЛ) с ядерным топливом (5 российских и 2 американских). В будущем рассматриваются возможности использования атомной энергии при добыче полезных ископаемых в Мировом океане. Освоение Мирового океана также требует создания высокотехнологичных образцов техники, способных выполнять широкий спектр подводно-технических работ на большой глубине и в течение длительного времени. В связи с этим предложена концепция специального судна обеспечения подводно-технических работ с ядерно и радиационно опасными объектами, разработанная при участии конструкторских бюро ОСК – «Алмаз» и «Рубин».

В связи с увеличивающимся использованием ядерно-энергетических установок (ЯЭУ) в морской технике возникает необходимость в разработке специальных технологий по обеспечению их ядерной и радиационной безопасности, а также охраны окружающей морской среды от возможных радиоактивных загрязнений. Эти технологии должны обеспечить постоянный радиационный мониторинг окружающей среды при повседневной эксплуатации морских ядерных объектов, проведение оперативных обследований при аварийных ситуациях с такими объектами, а также уменьшение негативного воздействия на окружающую среду от аварийных ситуаций на морских ядерных объектах. Такие технологии также необходимы и для обследования уже существующего радиационного загрязнения Мирового океана, вызванного затоплением объектов с ЯЭУ и радиоактивных отходов.

Для получения достоверных данных о состоянии ЯРОПО необходимо проведение специализированной научной экспедиции, подготовка которой требует создания уникального комплекса научно-технологического обеспечения работ. Этот комплекс должен включать в себя как расчетные исследования, моделирующие различные сценарии разрушения защитных барьеров ЯРОПО и определяющие методику проведения обследования, так и разработку специализированного комплекса подводной аппаратуры радиационного контроля и технологий

его использования на подводном объекте. Кроме того, в состав такого комплекса должен входить широкий спектр гидроакустических средств поиска и отображения объектов.

Для доставки необходимого поискового и исследовательского оборудования необходимо использование научно-исследовательских судов, оснащенных для выполнения широкого спектра океанологических работ, в том числе с использованием подводных аппаратов различного класса и средств обеспечения водолазных работ. Для работ на больших глубинах такое судно обязательно должно быть оснащено системой динамического позиционирования. Как показал опыт работ по обследованию ЯРОПО, судно должно быть оснащено специальными средствами для размыва донного грунта. Так, например, у одного из наиболее опасных объектов – затонувшей АПЛ Б-159 – корма находится под слоем донного грунта и ее состояние (полностью, частично отломана или загнута) до сих пор неизвестно.

Следует отметить, что подготовка необходимого оборудования и методик проведения работ по обследованию, подбор квалифицированного персонала и выбор подходящего для выполнения таких работ судна занимают большое время и не всегда полностью соответствуют решаемой задаче. Все это приводит к тому, что обследование аварийных объектов производится со значительным опозданием и

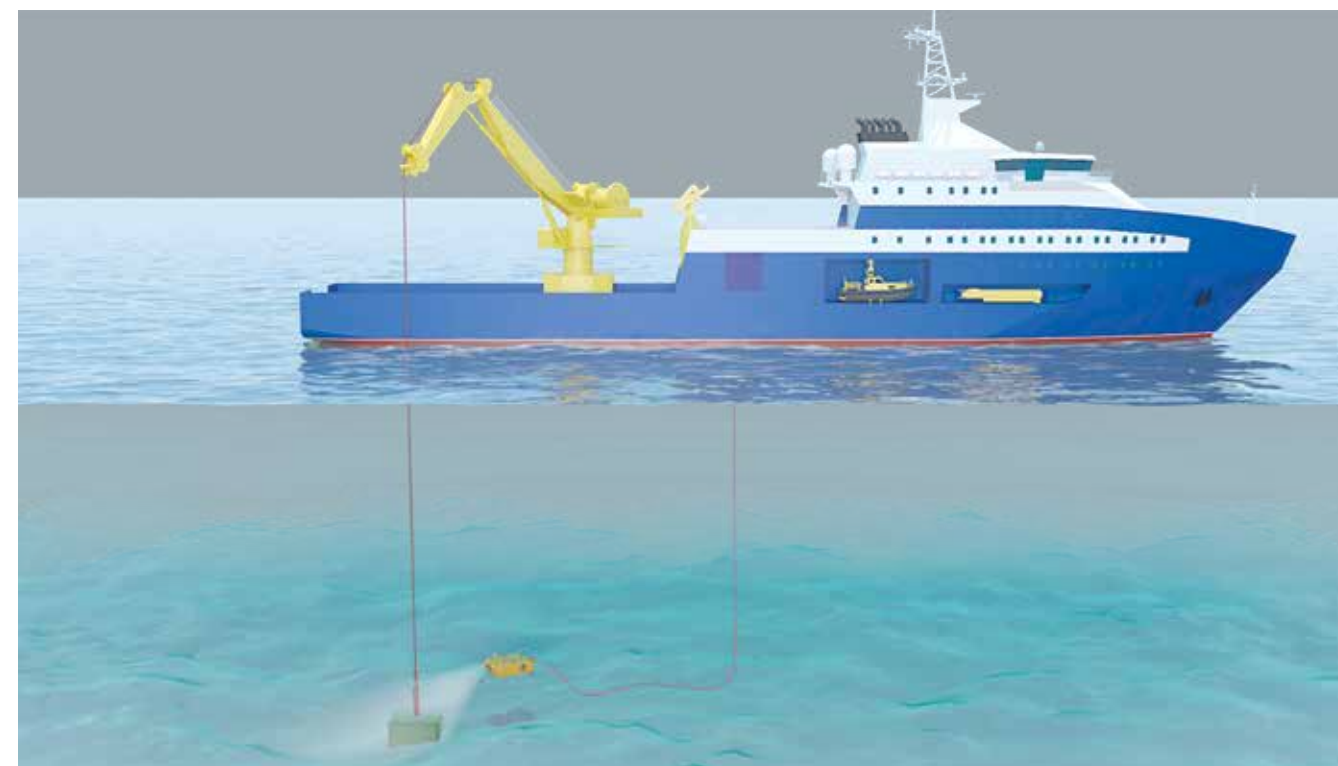


Рисунок 1 - Технология перемещения и ориентации грузов под водой за счет смещения и поворота судна в режиме динамического позиционирования

не обеспечивает получения необходимых данных о состоянии объекта, что в свою очередь, не позволяет вовремя принять необходимые меры по уменьшению последствий возможных аварий, связанных с накоплением критической массы и появлением самоподдерживающейся цепной ядерной реакции. Отсутствие достоверной информации о состоянии ЯРОПО способствует возникновению различных спекулятивных предположений и приводит к возникновению радиофобии среди населения.

Таким образом, представляется актуальной разработка концептуального проекта специального судна, предназначенного для проведения работ с ЯРОПО. На этом судне должен быть размещен специализированный комплекс эффективных средств поиска подводных объектов и исследования радиоактивности в морской среде, который будет востребован как в работах по реабилитации дна акватории от «ядерного наследия», так и в будущих работах по обеспечению ядерной и радиационной безопасности перспективных средств освоения Мирового океана, в частности перспективных плавающих атомных тепловых и электрических станций (ПАТЭС), атомных ледоколов, потенциально радиационно-опасных объектов промышленности.

Судно с оборудованием и аппаратами, при возникновении аварийной ситуации на морских объектах с ЯЭУ, может в кратчайший срок прибыть к месту аварии, чтобы собрать всю необходимую информацию о состоянии аварийного объекта с целью оценки риска ущерба окружающей среде. Это позволит принять обоснованное решение о даль-

нейшем обращении с аварийным объектом и существенно снизить опасность.

В настоящее время по документации конструкторского бюро ОСК «Алмаз», разработанной с участием конструкторского бюро ОСК «Рубин», ФГУБ «40ГНИИ» Минобороны России, НИЦ «Курчатовский институт» и других организаций отечественной промышленности, созданы суда ПТР с ЯРОПО, которые обеспечивают:

1. Выполнение поиска и допоиска затонувших объектов, в том числе ЯРОПО.
2. Выполнение ПТР с применением подводной робототехники на глубинах более 1 км, в том числе обследование ЯРОПО, контроль радиационного состояния и радиационной обстановки окружающей среды в районе.
3. Выполнение судоподъемных работ с ЯРОПО массой до 100 т.
4. Выполнение работ по установке защитных инженерных сооружений (укрытий) массой до 100 т для снижения воздействия ЯРОПО на окружающую среду.

Задачи, связанные с транспортировкой и спуском защитных инженерных сооружений, решались на существующих судах за счет выполнения модернизационных работ по размещению на судах оборудования, обеспечивающего транспортировку, спуск и установку защитных инженерных сооружений вокруг ЯРОПО. В ходе выполнения модернизационных работ установлено, что задача по транспортировке и спуску инженерных защитных барьеров имеет

ряд принципиальных особенностей, из-за которых к судну обеспечения предъявляется ряд дополнительных требований, отличающихся от требований к судам, обеспечивающим только судоподъемные работы.

Основными этапами работ по транспортировке и спуску защитных инженерных сооружений (укрытий) являются:

1. погрузка и крепление укрытия по-походному на судне или плавсредстве;
2. транспортировка укрытия, закрепленного по-походному;
3. перемещение укрытия из положения по-походному в воду;
4. спуск укрытия от поверхности воды на дно моря;
5. ориентация укрытия в требуемом направлении;
6. установка укрытия на дно и контроль его конечного положения.

Погрузка укрытия на судно (плавсредство) может быть выполнена с применением берегового или судового грузоподъемного оборудования исходя из наличия соответствующего оборудования требуемой грузоподъемности в пункте погрузки или на судне (плавсредстве).

Крепление укрытия по-походному на судне (плав-

средстве) должно быть выполнено с учетом предполагаемых гидрометеоусловий в процессе транспортировки и обеспечить его неподвижное состояние при расчетных значениях крена, дифферента, качки судна, ветрового и волнового давления.

Перемещение укрытия из положения по-походному в воду является одной из наиболее сложных операций ввиду возможности повреждения как самого барьера, так и судна из-за раскачивания укрытия, подвешенного на гибкой связи, вследствие воздействия ветра и возникновения крена и дифферента судна из-за его качки и влияния кренящего момента, создаваемым выносом за борт укрытия. Грузовая операция по перемещению укрытия должна выполняться с применением оттяжек и ограничителей, снижающих раскачивание укрытия, как подвешенного груза, с соблюдением требований по обеспечению остойчивости судна и условиям проведения работ.

Процедура спуска укрытия от поверхности воды на дно моря сопряжена с воздействиями на него и грузонесущую связь водной среды. Поэтому при выполнении работ в условиях качки судна (плавсредства) в грузонесущей связи возможно возникновение динамических нагрузок, снижение которых может быть обеспечено за счет применения амортизатора.

Ориентация укрытия в требуемое положение

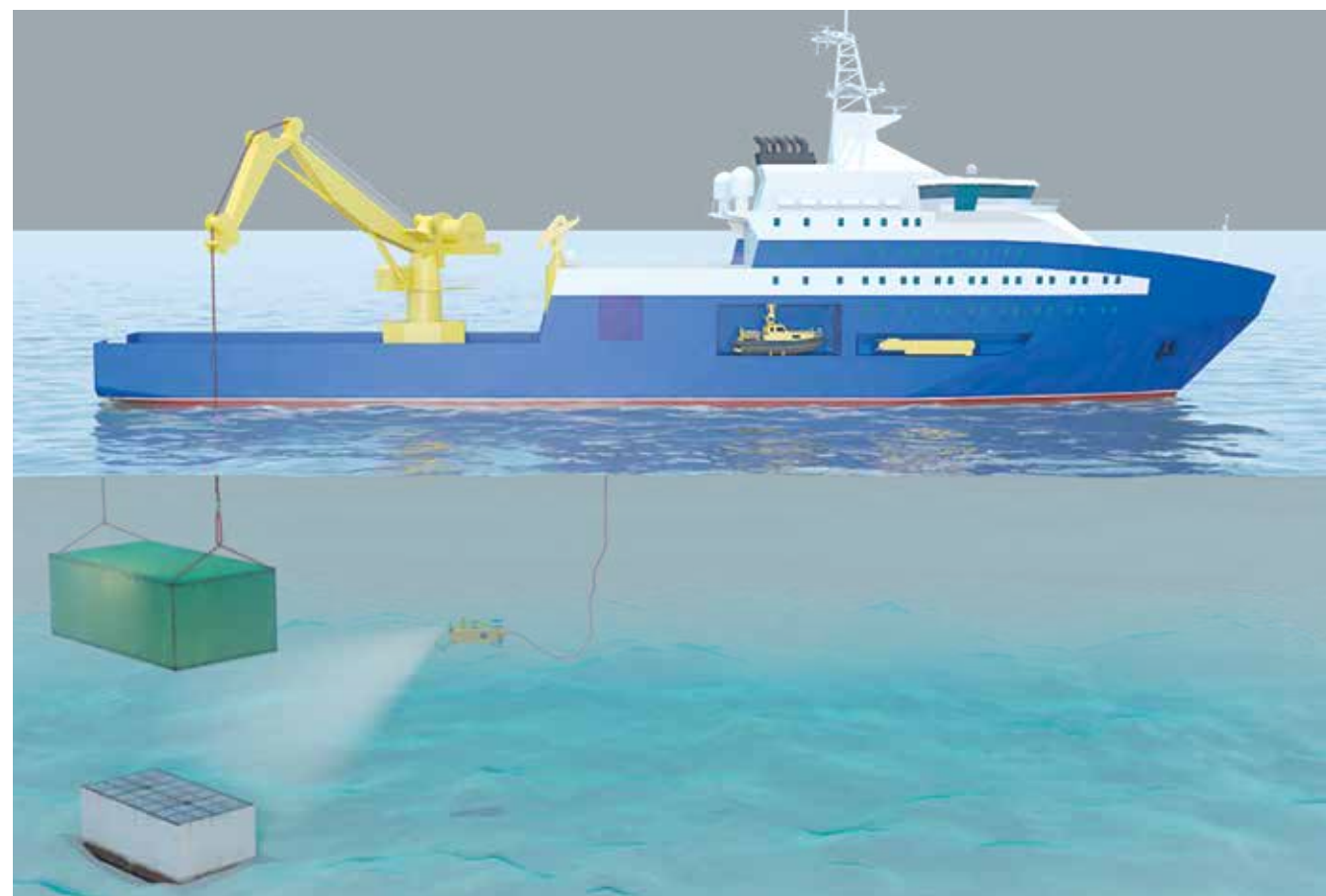


Рисунок 2 - Технология перемещения и ориентации грузов под водой за счет приложения к ним нагрузок с помощью ТНПА

также является сложной задачей, при которой оно перемещается в требуемое положение одним из следующих способов:

- перемещение и поворот судна в режиме динамического позиционирования;
- приложение к укрытию усилий за счет воздействия телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА);
- установкой на укрытие съемного модуля с подруливающими устройствами (ПУ).

Технология перемещения и ориентации грузов под водой за счет смещения и поворота судна в режиме динамического позиционирования подтвердила свою эффективность при выполнении подводно-технических работ с применением созданных по проектам «Алмаз» судов. Данная технология обеспечивает высокую точность установки грузов, при этом необходимо применение оттяжек или нескольких грузонесущих связей, обеспечивающих пространственную ориентацию груза при перемещении и повороте судна. Контроль положения груза обеспечивается за счет камер видеонаблюдения и гидролокаторов кругового обзора ТНПА. Схема технологии перемещения и ориентации грузов под водой за счет смещения и поворота судна в режиме динамического позиционирования представлена на рисунке 1.

Технология перемещения и ориентации грузов под водой за счет приложения к ним нагрузок с помощью ТНПА также применялась на практике при выполнении подводно-технических работ с применением тех же судов (рисунок 2). В целом, по этой технологии обеспечивается и возможность пространственной ориентации груза, но с значительно меньшей точностью. Установка на груз съемного модуля с ПУ позволит обеспечить его наведение и установку в заданную точку с высокой точностью.

Питание ПУ должно осуществляться по отдельному кабель-тросу либо с помощью аккумуляторных батарей. Управление процессом установки должно осуществляться с борта судна по кабелю (кабель-тросу). Исходные данные для управления получают от РТПА, а дополнительные возможно получать от камер со светильниками, установленных на самом грузе. Аналогичные схемные решения предлагают фирмы «DEME» Бельгия и «VVLAI» Китай. Такой вариант целесообразен при невозможности позиционирования груза за счет смещения судна при увеличении глубины. Для его реализации требуется создание специализированного оборудования.

Точность установки груза на дно определяется величиной перемещений груза из-за горизонтальных перемещений точки подвеса на судне, обусловленной качкой судна, а также точностью средств навигации.

Воздействия на груз в процессе контакта с грунтом или с другим объектом на дне определяются скоростью вертикальных перемещений груза, которые складываются из скорости спуска груза и его вертикальных перемещений, обусловленных качкой судна.

Исходя из актуальности разработки концептуаль-

В мировой практике наиболее широкое применение для выполнения ПТР получили РТПА, которые в настоящее время обеспечивают выполнение всего спектра ПТР. При этом полностью исключается необходимость спуска людей под воду. В мировой практике на специальных судах обеспечения ПТР размещают несколько ТНПА рабочего класса.

ного проекта специального судна, предназначенного для проведения работ с ЯРОПО и надводными объектами и имеющегося у конструкторского бюро «Алмаз» опыта проектирования судов ПТР могут быть сформулированы задачи, которые должно выполнять специальное судно обеспечения ПТР с ЯРОПО. Задачи объединены в три функциональных блока, учитывающих специфику технических средств для их выполнения:

1. подводно-технические работы:
 - обследование радиационной обстановки района проведения работ;
 - обследование дна в районе ЯРОПО;
 - допоиск ЯРОПО в заданном районе;
 - обследование ЯРОПО (в том числе радиационное);
 - выполнение работ по уборке грунта в районе нахождения ЯРОПО и очистке расположенных на них узлов остропки;
 - выполнение ПТР на ЯРОПО и при необходимости его остропки;
2. крепление и транспортировка грузов (в т.ч. ЯРОПО после подъема);
3. грузовые операции (включая операции по подъему ЯРОПО):
 - погрузка и крепление груза по-походному на судне;
 - перемещение груза из положения по-походному в воду;
 - спуск груза от поверхности воды на дно моря;
 - ориентация груза в требуемом положении;
 - установка груза на дне;
 - извлечение груза из грунта;
 - подъем груза к поверхности воды;
 - транспортировка груза на подвесе в заданный район;
 - подъем груза от поверхности воды на борт судна.



Рисунок 3 - Общий вид судна ПТР «Град Каньон III»

ПОДВОДНЫЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

В настоящее время на основе опыта НИЦ «Курчатовский институт» по проведению радиационных обследований ряда ЯРОПО (АПЛ «Комсомолец», «Курск», Б-159 и К-27 и других ЯРОО в Арктике) разработан уникальный комплекс подводной аппаратуры радиационного контроля и на основе расчетных моделей источников излучения определены основные методики проведения измерений. Такие методики подразумевают регистрацию уровней излучения непосредственно на объекте, например, на корпусе в районе реакторного отсека, а также в местах возможного выхода радиоактивности (открытые люки, отверстия в корпусе).

В состав комплекса подводных спектрометров (ПС) РЭМ-4Х входят:

- высокочувствительный ПС – РЭМ-4-76 (может быть размещен на автономных обитаемых подводных аппаратах (АОПА) или ТНПА рабочего класса);
- универсальный ПС – РЭМ-4-50 (размещается на ТНПА любого класса, может быть установлен водолазом в точку измерения);
- ПС для измерения на прочном корпусе (внутри объектов) – РЭМ-4-25 «Щуп»;

- нейтронный дозиметр-радиометр.
- В состав лабораторного комплекс оборудования входят:
- спектрометр высокого разрешения (ППД) в низкофоновой защите;
 - спектрометр-радиометр низкого разрешения в низкофоновой защите (сцинтилляционный);
 - жидкостный альфа-спектрометр;
 - бета-спектрометр в низкофоновой защите;
 - масс-спектрометрическая установка;
 - средства дозиметрического и радиометрического контроля.

ПТР по обследованию дна в районе установки груза, допоиску и обследованию затонувших объектов могут быть выполнены с применением следующих технических средств:

- водолазное оборудование и инструмент;
- АОПА;
- рабочие телеуправляемые аппараты (РТПА);
- ТНПА осмотрового класса;
- автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА);
- буксируемые поисковые комплексы.

ПТР по установке грузов, снятию стропов, контро-

ПРИ УЧАСТИИ КОНСТРУКТОРСКИХ БЮРО ОСК РАЗРАБОТАНА КОНЦЕПЦИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО СУДНА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ С ЯДЕРНО И РАДИАЦИОННО ОПАСНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Год постройки	2016
Вервь постройки	Kleven
Длина	127,0 м
Ширина	25,0 м
Осадка	7,5 м
Режим динамического позиционирования	DP3
Площадь рабочей палубы	1650 м²
Спускосвая шахта	7,2х7,2 м;
Допустимая нагрузка на палубу	от 5 до 10 т/м²
Объем балластных цистерн	4000 м³
Комплекс РТПА (ROV)	2 шт. с рабочей глубиной 3000 м
Судно оборудовано краном	грузоподъемностью 250 т с вылетом стрелы до 35 м, глубоководным режимом до 3000 м с компенсацией качки, а также кранами грузоподъемностью до 15 т

Основные характеристики судна «Град Каньон III»

лю ориентации груза в процессе и после установки на дно могут быть выполнены с применением следующих технических средств:

- водолазное оборудование и инструмент;
- АОПА;
- РТПА.

ПТР по уборке грунта в районе затонувших объектов, а также очистке узлов остропки могут быть выполнены с применением следующих технических средств:

- водолазное оборудование и инструмент;
- РТПА;
- специализированные комплексы дноуглубительного оборудования (КДО).

Таким образом, весь объем ПТР, которые должно выполнять перспективное судно, может быть обеспечен водолажным оборудованием или РТПА, оснащенными необходимым подводным инструментом и спектрометрическим оборудованием.

Применение водолазов для выполнения ПТР в настоящее время ограничено техническими возможностями водолазных комплексов с соответствующими рабочей глубине системами жизнеобеспечения при выполнении ПТР. Уникальный глубоководный водолазный комплекс для выполнения насыщенных погружений спасательного судна «Игорь Белоусов» проекта 21300 теоретически обеспечивает работу водолазов на глубинах до 450 м, но эффективен на глубинах не более 160 м, на которых не проявляется нервный синдром высоких давлений. На других су-

дах обеспечения ПТР предусмотрена возможность размещения мобильного водолазного комплекса, обеспечивающего ПТР на глубинах до 60 м с дыханием водолазов сжатым воздухом.

Применение АОПА для ПТР в настоящее время носит ограниченный характер из-за их больших массогабаритных характеристик, затрудняющих маневрирование в районе работ и подход к объекту работ, высокой стоимости АОПА и обеспечивающего судового оборудования, и, как следствие, высокой стоимости выполнения ПТР.

В мировой практике наиболее широкое применение для выполнения ПТР получили РТПА, которые в настоящее время обеспечивают выполнение всего спектра ПТР. При этом полностью исключается необходимость спуска людей под воду. В мировой практике на специальных судах обеспечения ПТР размещают несколько ТНПА рабочего класса.

Применение ТНПА осмотрового класса для выполнения ПТР в условиях открытого моря показало крайне низкую эффективность из-за больших ограничений по условиям проведения работ из-за малых размеров и мощностей, а также низкой функциональности ТНПА по сравнению с РТПА.

Применение АНПА и буксируемых комплексов в настоящее время возможно только при выполнении задач допоиска и обследования районов проведения работ. В ближайшем будущем возможности применения АНПА расширятся до полноценного выполнения ПТР, так как ведутся экспериментальные разработки рабочих АНПА, в том числе с при-



Рисунок 4 – Общий вид перспективного судна для проведения работ с ЯРОПО и опасными надводными объектами

менением технологий искусственного интеллекта (ИИ). Сегодня АНПА и буксируемые комплексы значительно сокращают продолжительность выполнения допоиска и обследования районов по сравнению с АОПА и РТПА. Существуют мобильные системы в контейнерном исполнении с АНПА и буксируемыми поисковыми комплексами.

Выполнение задач по уборке грунта может быть выполнено водолазами, вооруженными гидромониторами или ручными грунтососами, съемным грунтоуборочным оборудованием РТПА или с применением специализированных КДО. Производительность КДО на порядок больше, чем у ручных водолазных грунтоносов и грунтососов РТПА. Из опыта проведения грунтоуборочных работ установлено, что при необходимости уборки большого объема грунта (более 100 м³) целесообразно применение КДО. В настоящее время имеются мобильные КДО в контейнерном исполнении.

Применительно к обычным грузам аналогичные задачи решаются многофункциональными судами

обеспечения ПТР, которые являются полноценными техническими комплексами, способными выполнять широкую номенклатуру технологических операций по доставке оборудования и грузов различного назначения, их спуску на грунт и подъему на поверхность, обеспечение работ по поиску и допоиску, острожке, обслуживанию и уборке грунта.

В последние десятилетия создано большое количество таких судов. Преимущественно они обеспечивают работу морских добычных комплексов нефтегазовой отрасли. Глубина выполнения ПТР составит до 3 км, что соответствует глубине нефтегазовых месторождений в Мексиканском заливе. В целом, все современные суда обеспечения ПТР имеют развитую надстройку в носовой части судна, размещение на борту двух РТПА, рабочую палубу с площадью от 1000 м² с возможностью размещения грузов и мобильных комплексов, режим динамического позиционирования не ниже DP2, грузовое устройство, обеспечивающее возможность спуска с борта судна на дно на заданные глубины грузов мас-

Водоизмещение полное	от 7500 до 8000 т
Длина	около 114,0 м
Ширина	около 19,2 м
Скорость полного хода	15 уз.
Дальность плавания	12000 миль
Режим динамического позиционирования	DP2
Площадь рабочей палубы	900 м²
Грузоподъемность рабочей палубы	800 т
Кран	грузоподъемностью 100 т с глубоководной лебедкой на 1000 м
Устройство подъема	устройство подъема затонувших объектов для подъема (спуска) грузов массой до 100 т на глубины более 1000 м
РТПА	с рабочей глубиной до 1000 м
ТНПА	с рабочей глубиной более 1000 м
Спектрометрическая система	подводная спектрометрическая система
Эхолот	комплекс многолучевых эхолотов
Поисковый комплекс	Поисковый многофункциональный буксируемый комплекс

Характеристики перспективного судна ПТР

сой до 250 т. Примером такого судна является специальное судно обеспечения ПТР «Гранд Каньон». Головное судно построено в 2012 году в Норвегии. Всего по данному проекту построено 3 судна. Общий вид судна «Кранд Каньон III» представлен на рисунке 3.

Учитывая мировой опыт создания многофункциональных судов обеспечения ПТР, а также требования к специальному судну, предназначенному для проведения работ ЯРОПО, определен облик перспективного судна для проведения работ с ЯРОПО и опасными надводными объектами. Общий вид судна представлен на рисунке 4.

Возможность периодического приема на борт мобильных контейнерных комплексов различного назначения.

Задачи, решаемые судном:

- допоиск затонувших объектов и донного оборудования на глубинах более 1000 м;
- обследование дна и объектов на грунте с использованием ТНПА и АНПА;
- радиационное обследование дна и объектов на грунте;

- подводно-технические и ремонтные работы с донным оборудованием;
 - подъем затонувших объектов массой до 100 т с глубины более 1000 м;
 - экологический мониторинг и локализация аварийных ситуаций с подводным оборудованием;
 - транспортировка грузов;
 - спуск защитных инженерных сооружений (укрытий) и других грузов массой до 100 т на дно с технологией точной ориентации и позиционирования грузов.
- Таким образом, предложена концепция перспективного судна для проведения работ с ЯРОПО и опасными надводными объектами. Концепция разработана с учетом актуальных задач по мониторингу и локализации ЯРОПО, опыта «Алмаза» в разработке проектов судов для ПТР с ЯРОПО, опыта НИЦ «Курчатовский институт» и «Рубина» по созданию средств подводной робототехники и спектрометрии, а также опыта ФГУБ «40ГНИИ» Минобороны России по разработке подводных технологий.