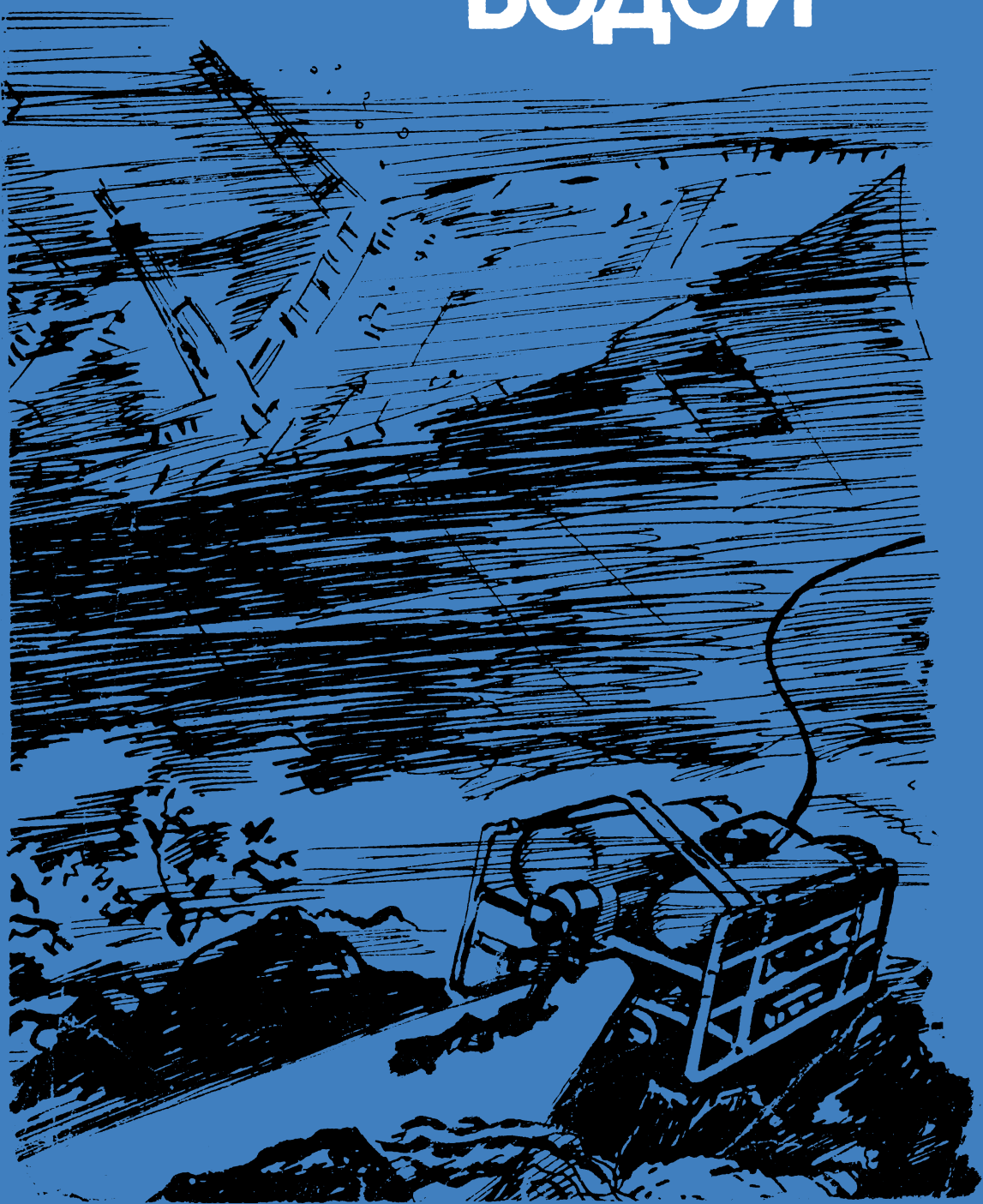


АВАРИИ

А. П. ЮРНЕВ, Б. Д. САХАРОВ, А. В. СЫТИН

ПОД ВОДОЙ



*А. П. ЮРНЕВ, Б. Д. САХАРОВ,
А. В. СЫТИН*

АВАРИИ

ПОД
ВОДОЙ

**ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ**



**ЛЕНИНГРАД
«СУДОСТРОЕНИЕ»
1986**

ББК 3949
Ю77
УДК 629.127:656.61.08(—87)

Юрнев А. П., Сахаров Б. Д., Сытин А. В.

Ю77 Аварии под водой. Изд. 2-е, перераб. и доп.— Л.: Судостроение. 1986.— 128 с., ил.

ИСБН

Рассказано об опасностях, с которыми связано освоение человеком больших глубин морей и океанов, и активной работе его в этих условиях. Прослежены обстоятельства и причины аварий подводных аппаратов в мировой практике, обстоятельства гибели и аварий сверхмалых подводных лодок. Рассмотрены наиболее крупные поисково-спасательные операции с применением подводных аппаратов. Приведены взгляды зарубежных специалистов на безопасность эксплуатации подводных аппаратов, рассмотрены меры обеспечения их безопасности.

Книга предназначена для специалистов, занимающихся созданием и эксплуатацией глубоководных самоходных технических средств, а также для широкого круга читателей, интересующихся этой проблемой.

Ю 3605030000—041 11—86
048(01)—86

3949

© ИЗДАТЕЛЬСТВО «СУДОСТРОЕНИЕ», 1986

Освоение Мирового океана, являющееся одной из важнейших современных проблем, немыслимо без создания специальных, принципиально новых технических средств на уровне последних достижений науки и техники. В числе этих средств особое место занимают подводные аппараты, обеспечивающие человеку возможность трудиться в океане на всех его глубинах. Количество аппаратов в мире непрерывно растет, а область применения их интенсивно расширяется. Но работа аппаратов на больших глубинах в малоизученной и враждебной человеку среде неизбежно сопряжена с определенным риском. И действительно, за 20—25 лет их эксплуатации накоплен печальный опыт аварий и катастроф. Естественно, что причины аварий должны анализироваться, чтобы найти возможность их исключения или, по крайней мере, сведения к минимуму.

В отечественной литературе авариям подводных аппаратов посвящено небольшое число статей, авторы которых ограничиваются рассмотрением обстоятельств отдельных аварий и совершенно обходят вопросы предотвращения аварийности аппаратов вообще. Предлагаемая читателю книга является попыткой охватить предмет в комплексе, т. е. наряду с описанием конкретных аварий и их причин показать конструктивные, организационно-технические и организационные меры обеспечения без-

опасной эксплуатации подводных аппаратов¹

Подводные аппараты предназначены в основном для работы у грунта. Но именно там враждебная аппарату и его экипажу среда наиболее опасна: в подводных каньонах, мутьевых потоках, рифтовых зонах со скальными нагромождениями, завалами и узкостями в любой момент для аппарата может создаться аварийная ситуация. Поэтому в книге рассказано и об условиях среды, опасных для аппарата, — о подводных каньонах и рифтовых зонах, о встречах аппаратов с обитателями океана и т. п.

Описание аварий аппаратов расположено по принадлежности (аппарат и его аварии) из следующих соображений. Во-первых, это позволяет предпослать описанию аварий конкретного аппарата краткую его характеристику, во-вторых, позволяет судить в некоторой степени о качестве аппарата и деятельности фирмы-разработчика.

Вслед за описанием аварий рассмотрены поисково-спасательные операции с использованием в них подводных аппаратов в качестве средств поиска и оказания помощи. Подвод-

¹ Первое издание книги «Аварии под водой» выпущено издательством «Судостроение» в 1981 г. В 1984 г. книга в переводе на болгарский язык вышла в НРБ (изд-во Героги Бакалов, г. Варна).

исково-спасательные средства при авариях не только себе подобных, но и подводных лодок, надводных судов, самолетов и пр. Применение аппаратов в указанных целях иногда приводило к аварийным ситуациям для них самих. Описания отдельных поисково-спасательных операций с применением подводных аппаратов опубликованы в разрозненных оте-

ках, поэтому авторы сочли целесообразным объединить эти материалы во втором разделе книги.

Небольшой материал дан по авариям сверхмалых подводных лодок, так как они явились прообразом подводных аппаратов и условия эксплуатации тех и других во многом совпадают.

I

АВАРИИ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

В ГЛУБИНЫ ОКЕАНА

С океаном не шутят

«Я прошу извинить меня за то, что моя неосторожность привела к гибели императорской подводной лодки и матросов императора. Каждый матрос команды до конца выполнил свой долг», — Сакума торопился, рука уже плохо слушалась, выводя колонки иероглифов» [57, с. 92]. В свои тридцать лет он не был новичком на флоте, да и подводной лодкой, именно этой, он командовал уже четыре года и хорошо знал ее «повадки». Самая маленькая из первых японских подводных лодок (длина 22 м, ширина 2,1 м), она доставляла много хлопот команде по устранению вечных неисправностей. Кроме того, лодка имела тенденцию «зарываться» на ходу, так что ее нос при погружении надо было удерживать. Для надводного хода использовался бензиновый двигатель, поэтому за боевой рубкой находилась труба-воздухозаборник.

В это утро весеннее солнце ярко светило над морем. Море было спокойным. Лодка медленно отошла от плавучей базы и стала набирать ход. Через некоторое время Сакума отдал приказ погружаться. Все было привычно для командира и команды — таких погружений было много за годы совместного плавания. Однако на этот раз случилось непредвиденное. Внезапно лодка получила дифферент на нос. Через мгновение всасывающее отверстие воздухозаборника оказалось под водой. Матрос заработал ручным приводом затвора. Несколь-

ко оборотов, и... цепь соскочила со звездочки. Судорожно матрос пытался справиться с затвором воздухозаборника голыми руками, но было уже поздно. Поступавшая вода тянула лодку вниз, залила по пути медные контакты электрошита. Шипение дуги короткого замыкания... резкий запах горящего кабеля...

Погас свет, электроэнергия больше нет. Ручной насос! Надо продуть балластную цистерну. Сакума отдает четкие команды. Нашупали в темноте рукоятку насоса, рычаги управления трубопроводом. Насос завздох, забирая воздух. Четырнадцать членов команды отбывают у насоса положенную очередь и возвращаются обратно на свои посты. Но лодка продолжает погружаться. Тусклый серо-зеленый свет пробивается через толщу воды и стекло смотровой щели боевой рубки. Стрелка глубиномера медленно ползет по шкале — 30 футов, 40, 50... Лодка коснулась грунта кормой, стрелка остановилась на делении 52.

Тем временем вода подобралась к аккумуляторным батареям. Сладковатый дурман хлора шекотал ноздри, удушливый дым от сгоревшего кабеля затруднял дыхание. Появились предвестники обморочного состояния.

Балластная цистерна уже пуста. Сакума уверен в этом. Затвор воздухозаборника удалось закрыть, вода больше не поступает, но лодка не отрывается от грунта. В воздушных

баллонах воздуха осталось немного. Что же еще можно предпринять? Сакума приказывает откачать бензин. Снова заработал ручной насос, опять появилась надежда. Но вот раздается внезапный треск — разрушилась магистраль (в темноте не было видно манометра, показывающего в ней давление). К уже отравленному воздуху добавились бензиновые пары. Это конец!

Сакума был опытным моряком, но незначительная погрешность в управлении в сочетании с роковым отказом привода затвора воздухозаборника поставила его в беспомощное положение вблизи плавучей базы на глубине менее 20 м. Двадцатый век только начинался, и время надежных технических средств, открывающих путь человеку в глубины, было еще далеко впереди.

Впрочем и теперь, когда век подходит к концу, океан по-прежнему не прощает ошибок. Освоение глубин идет в непрестанной борьбе океана и человека, океана и научно-технического прогресса.

Зарубежная печать, подчеркивая исключительное значение освоения Мирового океана для будущего человечества, отмечает, что для детального, выборочного изучения глубин и дна совершенно необходимо непосредственное общение человека с объектом исследования. Целесообразность изучения дна океана с поверхности не оспаривается, поскольку оно имеет свои задачи и свои преимущества, но океанографические исследования, проводимые с надводных судов, в том числе эхолотирование, сбор и анализ проб грунта, дают весьма обобщенную картину придонной обстановки. Непосредственное же проникновение человека в глубины, его визуальный и механический контакт с подводным и особенно придонным миром настоятельно необходимы в целях исследований дна океана и для выполнения подводно-технических работ.

Известно, что проникнуть в глубины океана и активно работать в этих условиях человек может с помощью

либо водолазного оборудования, либо подводных аппаратов. Глубина погружения водолазов ограничена их физиологическими возможностями. По мнению специалистов GERS (Экспериментальная группа подводных исследований, Франция), предельная глубина, на которой водолаз еще способен эффективно и целенаправленно работать, составляет 500 м [35]. В подводных же аппаратах, как уже показала практика, человек может опуститься в океане на любую глубину. Конечно, к техническим средствам обитания и работы человека под водой относятся также подводные лодки, подводные базы и другие сооружения. Но все же активно работать на любых глубинах человеку позволяют только подводные аппараты. И именно вследствие этого в дальнейшем рассмотрим аварии преимущественно подводных аппаратов.

В некоторых отношениях аналогами аппаратов являются сверхмалые подводные лодки, применявшиеся во время второй мировой войны. Водоизмещение и численность экипажей таких лодок и подводных аппаратов примерно одинаковы. Рабочие глубины лодок, конечно, несравнимо меньше, но характер взаимодействия их экипажей и экипажей аппаратов с враждебной внешней средой на этих глубинах во многом совпадает. Поэтому в книге кратко рассмотрены и аварии сверхмалых подводных лодок. И наконец, проанализированы операции по поиску затонувших объектов, в которых участвовали подводные аппараты.

Подводные аппараты

Подводные аппараты обеспечивают проведение человеком широкого круга научно-исследовательских и подводно-технических работ на любых глубинах морей и океанов. Океанография, геология, изучение и освоение промыслов животного и растительного мира океана, разведка и разработка месторождений нефти и газа, прокладка и осмотр подводных трубопроводов и кабелей, контроль

за загрязнением морей и океанов, аварийно-спасательные работы — вот далеко не полный перечень того, чем заняты сегодня подводные аппараты. Они позволяют человеку вести наблюдения за объектом в его естественных условиях, выбирать удобную для наблюдений и работы позицию. Подводные аппараты маневренны, большинство из них может стабилизироваться в толще воды и у дна, может крепиться к объекту работ. Они оснащены системами навигации и связи, рабочими органами, многочисленными регистрирующими и исполнительными устройствами для фотокиносъемки, видеомагнитофонной записи, регистрации параметров среды, отбора проб воды и грунта и т. п.

Подводные аппараты побывали уже на всех глубинах Мирового океана: на континентальном шельфе, глубина которого доходит до 300—600 м, на континентальном склоне, или батиалях (1500—2000 м), и на абиссали, т. е. зоне, включающей толщу океана до максимальных глубин. Побывали они и в рифтах — ущельях, идущих вдоль гребней подводных срединно-океанических хребтов, по которым происходит как бы растягивание твердой земной оболочки. Так, французские и американские океанологи на батискафе «Архимед» и глубоководных аппаратах «Сиана» и «Элвин» выполнили широкую программу исследований в районе Азорских островов — экспедиция FAMOUS¹. На дне Атлантического океана, там, где соприкасаются северо-американская и африканская литосферные плиты, на глубине от 2500 до 3000 м, участники экспедиции исследовали каждую трещину, каждый вулканический конус и своими глазами увидели, как они увеличиваются, как вырывается из них базальтовая лава. Экипажи всех аппаратов, участвовавших в экспедиции, вели фотосъемки и видеомагнитофонные

записи, измеряли параметры среды, изучали и собирали образцы грунта, представителей животного и растительного мира [2, 36].

Рекорд глубоководного погружения установил батискаф «Триест» (США), который достиг самой глубокой точки Мирового океана — дна Марианской впадины (11 000 м).

Показателен с точки зрения возможностей подводных аппаратов эксперимент по исследованию Гольфстрима. В течение 30 суток на протяжении 1444 миль аппарат «Бен Франклин» (США) дрейфовал в водах Гольфстрима в западной Атлантике без всплытия на поверхность. Глубина дрейфа в среднем составляла 200 м. Впервые представилась возможность познакомиться с этим великим течением изнутри. Исследовались состав, температура, соленость и другие параметры движущихся масс воды.

Для иллюстрации других возможностей подводных аппаратов интересен случай использования аппарата «Дип Дайвер». Целью работы было обследование трубопровода диаметром 4,6 м, проходящего под французскими Альпами, по которому в Марсель подается пресная вода. Войдя в секцию трубопровода, обитаемый аппарат прошел по ней 755 м, экипаж тщательно осмотрел ее внутреннюю поверхность. Результаты наблюдений передавались по гидроакустическому телефону. По окончании работы, не имея возможности развернуться, аппарат благополучно выбрался из трубопровода задним ходом [18, 46]. Этот пример не имеет, казалось бы, никакого отношения к проблеме освоения океана. Однако ситуация, в которую попал аппарат в рассмотренном случае, вполне может встретиться и в океанских глубинах.

В настоящее время в мире используется более 150 обитаемых и около 500 необитаемых подводных аппаратов. Число их ежегодно возрастает, с каждым годом увеличивается количество необитаемых аппаратов, широко применяемых для обслуживания морских нефтегазовых промыслов

¹ FAMOUS — French-American Mid-Ocean Undersea Study.

[18, 20]. Зарубежные нефтяные компании интенсивно расширяют свою деятельность по всему континентальному шельфу.

Нельзя не учитывать и влияния военного фактора на развитие и использование подводных аппаратов. «Мировой океан потенциально представляет собой глобальный театр военных действий,— пишет известный французский океанолог К. Риффо.— Борьба за господство в его глубинах будет иметь стратегическое значение» [35, с. 114].

Кратко рассмотрим устройство обитаемых подводных аппаратов вообще. Обитаемый аппарат включает следующие основные компоненты: корпус аппарата (прочный и легкий), системы погружения, всплытия и движения, системы ориентации, наблюдения, связи и рабочие органы. Для небольших глубин прочный корпус обычно имеет форму цилиндра с полусферическими оконечностями, для средних — форму эллипсоида, для больших — сферы. При изготовлении прочных корпусов используют высокопрочную сталь, алюминиевые сплавы, титан, армированный стекловолокном пластик и специальное стекло. Для уменьшения массы и габаритов аппарата часть оборудования (погружного исполнения) размещают вне прочного корпуса. Прочный корпус и вынесенное за его пределы оборудование окаймляются обтекаемым легким корпусом, изготовленным из алюминиевых сплавов, армированного стекловолокном пластика и других легких материалов. Погружение аппарата обеспечивается обычно заполнением морской водой балластных цистерн, расположенных снаружи прочного корпуса, а всплытие — их продуванием сжатым воздухом, откачкой насосами или сбросом твердого балласта. Аппараты большой глубины погружения, так называемые батискафы, которые в качестве основной плавучести используют расположенную вне прочного корпуса большую емкость (поплавок), заполненную бензином, могут погружаться в результате

принятия морской воды взамен частичного выпуска бензина, а всплывать благодаря частичному сбрасыванию твердого балласта (дробь). Для дифференровки аппарата предусматривается специальная дифференциальная система, которая позволяет перемещать жидкий балласт из носа в корму и наоборот. Для движения используются электродвигатели, получающие питание от аккумуляторных батарей, большей частью свинцово-кислотных. Системы ориентации, наблюдения и связи включают навигационное оборудование (гирокомпас, эхолот, глубиномер), дифференциметр, гидролокационные станции, телевизионные камеры, световые приборы, подводные (по гидроакустическому каналу) и надводные (по радиоканалу) телефоны, приемо-передающую радиостанцию. В большинстве случаев подводный аппарат оснащают рабочими органами — манипуляторами с электрическим или гидравлическим приводом.

В последние годы уже не конструируют обитаемые подводные аппараты общего назначения для освоения океана вообще. Зарубежные фирмы пришли к выводу, что целесообразнее строить специализированные аппараты, выполняющие узкий круг задач [20].

У обитаемых аппаратов, предназначенных для использования на меньших глубинах, запас плавучести обеспечивается, главным образом, объемом прочного корпуса. По конструктивным особенностям их можно разделить на два типа.

К первому типу относятся аппараты, напоминающие по конструкции подводную лодку. Классическим представителем их стал «Алюминаут». К этой же группе относится и NR-1 — первый аппарат с ядерной энергетической установкой малой мощности, построенный по заказу ВМС США. Он может оказаться прототипом тех глубоководных аппаратов, которые коренным образом изменят все наши представления о возможностях освоения глубин Мирового океана [35].

Ко второму типу относятся аппараты со сферическими или эллипсоидными прочными корпусами. Характерные представители их — «Ашера», «Элвин», аппараты группы «ныряющее блюдо»¹ (SP-350 или «Дениза», SP-500, SP-3000 или «Сиана», «Дип Стар»), «Нерей», «Дип Квест» и др.

Особые группы составляют аппараты с водолазным отсеком («Дип Дайвер», «Шелф Дайвер», «Джонсон Си Линк», «Бивер Марк-IV», PC-1201, PC-1202)², спасательные аппараты (DSRV, URF, «Тихиро») и обитаемые привязные аппараты, получающие электропитание по кабелю с обеспечивающего судна («Гаппи», «Удзусио» и др.).

Все большее распространение во многих странах получают необитаемые подводные аппараты, в особенности управляемые по кабелю — буксируемые поисковые и самоходные рабочие (имеющие манипуляторы). Отсутствие экипажа и, следовательно, системы жизнеобеспечения позволяет значительно снизить объем прочного корпуса. Кроме того, малые габариты и масса аппарата достигаются тем, что электроэнергия поступает с обеспечивающего судна-носителя.

Конструктивные решения обитаемых аппаратов чрезвычайно разнообразны в зависимости от их назначения. Необитаемый подводный аппарат содержит три основные части: забортную, или подводный носитель (т. е. собственно аппарат), пульт управления, расположенный на судне-носителе, и буксирно-кабельную часть, связывающую собственно аппарат с обеспечивающим судном. Забортная часть вооружена движительным комплексом, манипуляторами (у рабочих аппаратов), навигационной, гидроакустической, телевизионной и другой аппаратурой. Исследования, выполненные в ФРГ на основе опыта создания и эксплуатации необитаемых аппаратов в

США, Франции, Англии, Японии, показали, что оптимальным для решения широкого круга задач является комплекс, состоящий из используемых с единого судна-носителя необитаемых аппаратов трех типов: буксируемого поискового, самоходного рабочего и автономного (управляемого по программе или по гидроакустическому каналу).

Следует заметить, что обитаемые и необитаемые подводные аппараты, предназначенные для работы в глубинах океана, не исключают, но взаимно дополняют друг друга [55].

Суда-носители

Подводные аппараты, имея малую автономность по системе жизнеобеспечения и источнику энергии, не могут решать поставленные перед ними задачи в отрыве от судна-носителя (судна-базы). Судно-носитель обеспечивает хранение и транспортировку аппарата, спуск на воду и подъем на борт. На него возлагаются следующие виды обеспечения аппарата при выполнении им подводных работ: гидрометеорологическое (прогноз погоды и состояния моря в районе работ), гидрографическое (обследование района перед погружением аппарата для получения информации о рельефе и характере грунта, наличии подводных течений, скачков плотности и т. п.), навигационное (наведение аппарата на объект работы, контроль за его местонахождением), руководство работой экипажа в нормальных и аварийных режимах, материально-техническое (зарядка аккумуляторных батарей, пополнение запасов воздуха высокого давления и балласта в перерывах между погружениями, пополнение дрови и бензина у батискафов и т. д.), медицинское. Все это требует надежной связи аппарата с судном по гидроакустическому и радиоканалам.

На судне-носителе размещают мастерские для ремонта электронного и механического оборудования аппарата, фото- и другие лаборатор-

¹ Soucoupe plongeant.

² PC — Perry cabmarine.

Судно (страна)	Обеспечивающий аппарат	Конструктивный тип судна	Водонизмещение, т	Скорость, уз
1	2	3	4	5
«Сван» (США)	ДОВБ, «Дип Джип»	Переоборудованное однокорпусное	270	10,5
«Транс Квест» (США)	«Дип Квест»	Однокорпусное специальной постройки	425	6,0
«Лулу» (США)	«Элвин»	Катамаран специальной постройки	450	7,0
«Атлантик-2» (США)	«Элвин»	Однокорпусное специальной постройки	2 300	12,0
«Сирч Тайд» (США)	«Дип Стар-4000», «Стар-3»	Переоборудованное однокорпусное	900	13,0
«Алкоа Сипроб» (США)	«Сипроб»	—	1 700	8,0
«Пигеон» ASR-21 (США)	DSRV	Катамаран специальной постройки	4 200	15,0
«Пойнт Лома» (США)	«Триест-2», необитаемый аппарат ПЛАСС	—	12 000	18,0
«Мизар» (США)	Необитаемый аппарат НРЛ	Переоборудованное однокорпусное	3 880	12
«Норойт» (Франция)	Аппараты типа «Дениза» и «Гриффон»	Однокорпусное специальной постройки	870	12,0
«Тритон» (Франция)	«Гриффон»	То же	1 500	13,0
«Виккерс Венчурер» (Канада)	«Пайсис»	—	640	9,0
«Вакашио» (Япония)	«Хакуйо»	Катамаран специальной постройки	340	9,0

рии. На судне обеспечения аппаратов с водолазными отсеками предусматривают декомпрессионную камеру, запас дыхательных смесей и т. п. Наконец, на судне-носителе должны быть помещения для экипажа аппарата и обслуживающего персонала. Другими словами, аппарат и судно-носитель составляют единый комплекс. Поэтому проектирование, строительство аппаратов и судна-базы должны выполняться одновременно и согласованно. Такой комплексный подход в настоящее время принят за рубежом [12]. Так, созданию подводных аппаратов со шлюзовой камерой «Дип Дайвер», «Шелф Дайвер»

и «Бивер Марк-IV» сопутствовала постройка специально предназначенных для них судов обеспечения. То же относится к спасательному аппарату DSRV. Практиковавшееся ранее применение в качестве носителей аппаратов судов, прошедших переоборудование, было признано нерациональным.

Следует сказать, что обеспечивающее судно иногда не является носителем. Например, аппараты больших габаритов и массы — «Бен Франклин», батискафы «Архимед» и «Триест» — доставляются к месту назначения не на палубе обеспечивающего судна, а методом буксиров-

Таблица 1

Основные характеристики судов обеспечения подводных аппаратов

Дальность плавания, мили	Автономность, сутки	Тип спуско-подъемного устройства	Допустимое состояние моря для работы с аппаратом, баллы	Экипаж, чел.
6	7	8	9	10
2 500	30	Монорельс в корме. Поворотная кран-балка	—	24 (в том числе 16 чел. обслуживающего персонала)
—	20	Шахта в корме с тросовым подъемником	2—3	18 (в том числе 12 чел. обслуживающего персонала)
5 000	15	Шахта в средней части с тросовым подъемником	2—3	7
6 000	60	—	—	56
—	—	Кормовой гидравлический кран	—	—
8 000	50	—	5—6	30
8 500	—	Шахта в средней части с тросовым подъемником	—	153 (в том числе 38 чел. обслуживающего персонала и водолазов)
10 000	—	—	3—4	43 (в том числе 30 чел. обслуживающего персонала)
10 000	30	Шахта в средней части с подъемником	1,4	59
7 500	45	—	—	—
4 000	10	Палубный кран в средней части	—	62 (в том числе 17 акванавтов)
—	—	—	5	13
3 000	—	Палубный кран в корме	—	20

ки. Судно-носитель иногда не является обеспечивающим. Например, некоторые атомные подводные лодки США бывают «по совместительству» носителями спасательных аппаратов DSRV и транспортируют их к месту аварии, а обеспечивают эти аппараты надводные суда типа ASR.

При проектировании обеспечивающих судов для аппаратов небольших и средних размеров за рубежом все чаще используют катамаранную конструкцию [12, 30]. Проектируемые катамараны рассчитывают в основном на работу с аппаратами относительно малой массы. Достоинствами судов-катамаранов являются

наличие на них большой рабочей палубы и меньшая амплитуда бортовой качки по сравнению с судами обычной формы. Кроме того, они дают возможность спускать аппарат на воду и поднимать его на борт между корпусами, что особенно выгодно в условиях волнения моря. Например, сложная проблема спуска и подъема аппарата «Элвин» на борт обеспечивающего судна-катамарана «Лулу» при волнении до 4 баллов решена путем использования платформы-подъемника, расположенной между корпусами судна. Для подъема аппарата платформу предварительно опускают под воду. Затем

«Элвин» заходит самостоятельно в междукорпусное пространство катамарана и занимает положение над платформой. Точную выверку производит личный состав с палубы судна с помощью шести концов (стропов). Посадка на подъемник происходит почти без толчка, так как тяжелый и низко сидящий в воде катамаран и аппарат имеют почти одинаковую амплитуду качки. После этого аппарат поднимают на платформу до уровня верхней палубы и переносят краном на кильблоки.

Как правило, каждый аппарат имеет свое судно-базу. Некоторые характеристики этих судов и обеспечиваемых ими аппаратов приведены в табл. 1.

Иногда вспомогательное оборудование аппарата и даже обслуживающие работу лаборатории размещают в модулях-контейнерах для возможности доставки их вместе с аппаратом воздушным транспортом к судну, находящемуся вблизи района проведения работ и назначенному для обеспечения. Так, мастерские и оборудование для материально-технического обслуживания аппарата «Элвин», океанологическая лаборатория и фотолaborатория размещены на верхней палубе «Лулу» в съемных контейнерах. Поэтому аппарат вместе со всем обеспечивающим комплексом легко может транспортироваться самолетом на большие расстояния к другому обеспечивающему судну, как это и было сделано при поиске водородной бомбы в Средиземном море.

Опасность на каждом шагу

Нет ничего удивительного в том, что изучение глубин океана сопряжено с опасностями — они часто сопутствуют проникновению человека в неизведанное. Конечно, их желательно по возможности предвидеть.

Мировой океан не случайно сравнивают с космосом. Американский космонавт Скотт Карпентер, проработав около месяца в подводной лаборатории «Силаб-2», сказал, на-

пример, что морские глубины даже враждебнее человеку, чем космос [17]. Выход в космос и погружение на предельную глубину океана человек совершил практически одновременно. В обоих случаях потребовалось решение проблемы жизнеобеспечения человека в необычных для него условиях. Акванавт изолирован от привычного мира гигантской толщей воды с огромным гидростатическим давлением, и ему угрожает не меньшая опасность, чем космонавту, окруженному беспредельным пространством вакуума. На большой глубине погружения малейшее нарушение герметичности прочного корпуса аппарата может оказаться роковым.

Существенное воздействие на поведение подводного аппарата оказывают слои морской воды с резким различием плотности. При прохождении их границы аппарат подобно самолету, попавшему в «воздушную яму», может потерять плавучесть и неожиданно провалиться в глубину, как это и случилось с американским аппаратом «Алюминаут». В 1966 г. в районе устья р. Коннектикут он внезапно с нарастающей скоростью пошел вниз. Замедлить падение не помогли ни продувка балластных цистерн, ни включение вертикальных винтов. Для избежания удара о грунт экипаж был вынужден сбросить аварийный балласт. Причиной происшествия явилась сильно опресненная вода, которая «утяжелила» аппарат на целых полторы тонны.

Океан состоит из большого числа почти однородных слоев, на границе которых свойства воды (температура, соленость, плотность и пр.) и даже скорость подводных течений могут скачкообразно меняться [27, 30]. Такой скачок изменения плотностей воды мог быть причиной трагической гибели атомной лодки «Трешер» (США).

Определенную опасность для аппарата представляют глубинные течения и внутренние волны.

Глубинными могут стать, например, нижние слои мощных поверх-

ностных течений. Так, к северо-востоку от мыса Хаттерас течение Гольфстрим (здесь ширина его составляет около 50 км) все больше и больше уходит в глубину, а скорость его изменяется от 220 см/с на поверхности до 15 см/с на глубине 1500 м. В районе подводного плато Блейк течение, по-видимому, касается дна, возникает система подводных потоков, которые образуют противотечение, отходящее от плато Блейк в южном направлении [30].

В экваториальной Атлантике поверхностные воды текут с востока на запад (Северное пассатное течение), а на глубине 200—600 м отмечается противотечение, направленное с запада на восток (течение Ломоносова). Эта «подводная река» в океане шириной до 200 км непрерывно извивается, меняя свое положение.

Сведения о глубоководных течениях еще очень скудны, но точно установлено, что скорость и направление течений в пределах столба воды могут широко колебаться. Это необходимо учитывать, например, при эксплуатации глубоководных буксируемых аппаратов [75]. Скорость подводных течений обычно не более одного узла, но известные течения со скоростью десять узлов и выше.

Внутренние волны создаются, например, благодаря постоянно существующему в океане расслоению воды по плотности или в результате отражения мощного придонного течения от склона подводной возвышенности. Они отличаются от поверхностных волн значительно большими амплитудой и периодом. Если на поверхности океана штиль, то это не значит, что и на глубине все спокойно. Там могут бушевать в это время настоящие штормы с волнами, амплитуда которых доходит до нескольких сотен метров. Как и обычные волны, они растут, а потом обрушиваются, вызывая турбулентные вихревые потоки. Но только период их может составлять десятки минут и даже часы [27].

Другую опасность для плавания аппаратов представляют мутьевые

потоки — кратковременные движения больших масс осадочных пород. Это довольно обычное явление. Массы пород скатываются с шельфа по континентальному склону со скоростью до 10 миль в час, сметая все на своем пути. Такой поток может быстро увлечь за собой аппарат, вызвав тем самым аварию, или, еще того хуже, «похоронить» аппарат под толстым слоем ила. Мутьевые потоки в океане достигают гигантских размеров, превосходя по движущейся массе такие реки, как Миссисипи.

Один из таких потоков наблюдал, например, экипаж аппарата «Аргус» во время экспедиции по исследованию шельфа. Он так передает свои впечатления. Дно шельфа было покрыто толстым слоем ила. Обследуя грунт, участники экспедиции обнаружили естественные желоба на материковом склоне. Предположили, что они могли быть «выработаны» спускающимися с шельфа осадками. Проверить эту гипотезу решили экспериментально: вызвать искусственный подводный иловый поток. С этой целью посадили аппарат на один из крутых склонов, и он столкнул большую толщу ила. Устремившись вниз, она вызвала движение новых илистых отложений на склоне, и вскоре мощный поток ринулся в бездну. Картина была страшная. Черная пелена мутного облака окутала место «илопада». Попытались взять у края илового потока пробы воды, но не смогли — нервы не выдержали. Представьте себе полный мрак, который бессильны пробить мощные светильники аппарата, и где-то под ним ревет мутьевая лавина. Такие лавины очень опасны [26].

Дно океана... Оно совсем рядом, но мы знаем о нем немного больше, чем о поверхности Луны¹ Почти

¹ Индийский океан изучен не более Луны, — считает, например, Артур Кларк, известный писатель и океанолог, поселившийся на о. Цейлоне и посвятивший изучению этого океана многие годы.

любое прикосновение к нему — откровение и на больших глубинах, и даже на шельфе. Много загадок хранят каньоны шельфа. Вот одна из них. В курортной зоне было замечено, что море «съедает» пляж, унося до нескольких миллионов тонн песка в год, и все ближе подходит к курортным постройкам. Высказывалось мнение, что в этом виновны каньоны, и что особенно «ненасытен» один из них, ближе остальных расположенных к берегу и получивший название «Акула».

Для изучения режимов каньонов был направлен подводный аппарат. Первая встреча аппарата с «Акулой» произошла внезапно для экипажа. На глубине 250 м на склоне шельфа неожиданно появилась четкая граница между светлым и темным — перед аппаратом резко вниз шел обрыв с неровными верхними краями. Дно каньона спускалось ступенями и местами так быстро уходило из-под аппарата, что он вынужден был погружаться вертикально. По курсу вырастали отвесные стены, иногда образуя карнизы. Аппарат маневрировал, задерживался для их обследования и опускался дальше, включая то вертикальные, то лаговые винты. Экспедиция подтвердила версию о прожорливости «Акулы». Этот каньон затягивает в свою «утробу» все, что уносят волны с берега Пицунды [1, 25].

Известно, что в тайны морских каньонов стремятся проникнуть ученые многих стран, но информация в результате их усилий, как они сами это считают, пока незначительна [53]. А подводные каньоны иногда так велики, что могут свободно вместить, например, североамериканский Гранд-Каньон.

Особое мастерство и выдержка в управлении аппаратом требуются от экипажа при обследовании дна океана со сложным рельефом. Вот как, например, передает свои впечатления экипаж французского батискафа «Архимед» о маневрировании в рифтовой долине Срединно-Атлантического хребта.

«Первым заметил дно Фробервиль. Перед нами отвесная стена, смотри! — крикнул он. — Вижу, — отвечает Ле Пишон. Голос выдает волнение ученого. Еще бы! Перед его глазами то самое рифтовое дно, которое он силился представить себе в течение многих лет... Перед океанавтами вырисовывается гигантский каскад лавы, сбегающей с почти вертикального склона и словно внезапно застывшей под взмахом волшебной палочки... У подножия склон менее крут — 40 или 50 градусов: Осторожно, сантиметр за сантиметром, Фробервиль уравнивает на нем днище батискафа... Раздается неприятный скрежет обшивки... Никак не выбрать удобного положения. Поверхность очень крута. Надо сниматься... Фробервиль сначала пытается подняться только на винтах. Безуспешно! Приходится сбрасывать балласт. После трех попыток оторваться от грунта становится очевидным, что подъем не получается. Фробервиль дает задний ход и сбрасывает новую порцию балласта. На этот раз удачно. Оторвались! «Архимед» поднимается, раздается скрежет... У Фробервиля брови заплыли потом, а колени стали свинцовыми... Снова царапнуло... На какое-то мгновение батискаф словно застопорил ход, и облачко ила заволокло иллюминаторы. Затем резкий толчок... Батискаф свободен. Ле Пишон записывает наблюдения... «Обшивкой задела дно. Передо мной захватывающее зрелище. Постоянно скрежест обшивка батискафа... Нас прибило течением к скале. Фробервиль не может оторваться... Выбрался! Снова движемся... Глубина 2502 метра. Я своего места не уступил бы и за целое царство! Величественная фронтальная полоса выхода лавы, только-только образовавшаяся... Ни одной пяди ровной площади, вертикальные стены, пропасти, чудовищные нагромождения лавы. Что ни метр, то схватка со скалой. Это не судовожделение, а альпинизм!» [2, с. 113—117].

Но океан — это не только под-

водные горы, рифты и каньоны, подводные течения и мутьевые потоки, скачки плотности и чудовищные гидростатические давления. Это еще и огромный мир, заселенный на всех глубинах (когда батискаф «Триест» находился на дне Марианской впадины, у его иллюминаторов появилась рыба, похожая на камбалу, длиной около 30 см). Океан заселен, и встреча аппаратов с его обитателями не всегда безопасна. Неприятной, например, оказалась встреча небольшого обитаемого аппарата «Элвин» (6,6 м) с громадной меч-рыбой (2,45 м). Достигнув дна на глубине 610 м у берегов Флориды, аппарат потревожил этого жителя океана, отдыхавшего на песчаном грунте. По-видимому, рыба обладала «скверным характером». Она, ни секунды не медля, стремительно атаковала аппарат. Меч пронзил внешнюю полистироловую оболочку легкого корпуса и застрял в ней, не повредив, к счастью, проходящий рядом электрический кабель. Сильный удар меча вызвал тревогу экипажа, тем более, что сработал детектор течи (как выяснилось впоследствии — ложно), и было проведено экстренное всплытие. По-видимому, рыбу привлек свет иллюминатора — удар был нацелен явно на него.

Аналогичное нападение совершила меч-рыба на аппарат «Бен Франклин» на глубине 282 м при плавании его в течении Гольфстрим¹. Как и в первом случае, поврежденным ока-

зался легкий корпус. Оператор заметил меч-рыбу через иллюминатор. Вначале она металась из стороны в сторону в районе светящегося иллюминатора, а затем пошла на него в атаку, но попала на 15—20 см ниже — в легкий корпус. Удар о корпус был отчетливо слышен. Пока второй оператор готовил кинокамеру, меч-рыба исчезла.

По мнению Ж. Пикара, конструктора аппарата «Бен Франклин», удар меч-рыбы (вес ее достигает 100 кг, а скорость движения при атаке — 10 м/с) не опасен для акрилового иллюминатора аппарата. К такому же выводу пришли специалисты Вудс-Холлского океанографического института США, владельца аппарата «Элвин», проведя серию экспериментов в бассейне по определению прочности акриловых иллюминаторов при эквивалентных ударах.

Потенциальную опасность для аппарата и подводных лодок представляет возможное столкновение их и с другим, наиболее крупным, обитателем океана. С подводными лодками это уже было. Так, 5 октября 1959 г. атомная подводная лодка США «Сидрэгон» столкнулась в подводном положении с китом, повредив при этом винт и гребной вал.

Можно продолжить рассказ о том, что ждет аппарат в необъятных подводных просторах океана, с чем еще суждено ему встретиться. Однако пора перейти к рассмотрению конкретных аварий.

¹ В 1969 г. аппарат «Бен Франклин» под командованием Ж. Пикара погрузился в воды Атлантического океана вблизи Флориды на глубине в среднем около 400 м вместе с Гольфстримом пересек весь Бермудский треугольник и почти достиг берегов Новой Англии.

АВАРИИ ПОД ВОДОЙ



Аварии подводных аппаратов

«Триест-2» (США)

Водоизмещение, т.	303
Глубина погружения, м	6100
Скорость подводная, уз	4,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	24
по запасам электроэнергии при скорости 4 уз.	8
Экипаж, чел.	3

В 1952 г. швейцарский ученый, профессор Огюст Пикар по заказу, полученному им из Италии, построил батискаф «Триест». В 1958 г. его приобрели военно-морские силы США. Спустя два года батискаф совершил рекордное погружение — опустился на дно Марианской впадины.

В 1963 г. было принято решение о модернизации «Триеста» — предполагалось увеличить емкость аккумуляторных батарей, заменить поплавков, установить дополнительные гребные электродвигатели. Однако всему этому помешало непредвиденное событие — в апреле того же года в Атлантическом океане в 220 милях восточнее Бостона затонула американская атомная подводная лодка «Трешер».

Батискаф «Триест» срочно доставили в район катастрофы, не ус-

пев провести запланированную модернизацию. Совершив пять погружений на дно океана, экипаж «Триеста» обнаружил и сфотографировал останки легкого корпуса лодки, а некоторые обломки с помощью манипулятора батискафа были доставлены на поверхность. Но прочный корпус найти так и не удалось. На этом поиск был приостановлен.

ВМС США не располагали в то время надежными средствами поиска и подводной навигации, и обследование грунта (район поиска составлял 4 кв. мили, глубина океана — 2500 м) велось практически наугад. Да и сам «Триест», имея малую для этих целей автономность, являлся скорее опускаемым, чем самоходным поисковым средством. Необходимо было время для создания более совершенной поисковой системы. К тому же поплавок «Триеста» получил серьезные повреждения, так как работы велись в штормовых условиях Атлантики.

Батискаф был демонтирован и отправлен в Сан-Диего для ремонта и модернизации. Весной 1964 г. модернизацию закончили, и обновленный батискаф получил название «Триест-2». В июле он принял участие в возобновившихся работах по поиску «Трешера».

При первом же погружении на глубине 2460 м произошла авария, едва не закончившаяся трагически. В конце шестого часа погружения возникло короткое замыкание в цепи

¹ Предлагаемые читателю описания аварий подводных аппаратов в период 1964—1980 гг. даны в хронологическом порядке и во избежание повторений объединены по принципу принадлежности, т. е. назван аппарат и рассмотрены все его аварии. Если аппарат имел несколько аварий, то место его в хронологическом ряду описаний определено по дате первой аварии.

главного гребного электродвигателя. Реле в цепи, питающей двигатель, не отключило поврежденный участок. В результате образовалась устойчивая электрическая дуга. Стабильность ее, вероятно, поддерживалась карбонизацией компенсационного масла, находящегося внутри корпуса реле. Ток короткого замыкания расплавил питающий кабель и замкнул его на корпус, вследствие чего образовалась дополнительная цепь разрядки батареи. В течение всего времени экстренного всплытия аккумуляторная батарея продолжала разряжаться в этом режиме, и к моменту выхода батискафа на поверхность дуга погасла. В противном случае она могла бы вызвать возгорание и взрыв 100 тыс. л бензина в цистернах поплавка (расстояние от дуги до цистерн составляло немногим более 1 м). В случае взрыва прочная сфера батискафа неминуемо оторвалась бы от поплавка и затонула. И не могло бы быть и речи об обнаружении и подъеме такого небольшого объекта (диаметр сферы равен 2,0 м) за время, достаточное для сохранения жизни экипажа.

В 1967 г. после очередного ремонта батискафа проводились контрольные морские испытания. Во время погружения возникла аварийная ситуация: «Триест-2» стал неожиданно и быстро проваливаться в глубину. Для предотвращения удара о дно был сброшен аварийный балласт, и батискаф всплыл на поверхность. Последовавший осмотр и анализ показали, что вентиляционные отверстия в шпангоутах бензиновых цистерн поплавка имели диаметр на 25 мм меньше расчетного. При погружении оставшийся в цистернах воздух сжался, и батискаф приобрел большую отрицательную плавучесть.

В 1977 г. «Триест-2» совершал погружения в Атлантическом океане для обследования подводного вулкана у впадины Кайман (южнее Кубы). На глубине более 4500 м при подходе к грунту (отстояние от него измерялось эхолотом) экипаж снизил скорость погружения до 0,12 м/с.

Однако этой скорости оказалось достаточно для аварии — внезапно в поле зрения носовой телевизионной камеры появился крутой (до 80°) склон подводной возвышенности, и экипаж не успел погасить инерцию батискафа. В результате удара о грунт были повреждены передающая камера телевизионной системы и поплавков батискафа.

«Ашера» (США)

Водоизмещение, т	4,45
Глубина погружения, м	183
Скорость подводная, уз	4,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	24
по запасам электроэнергии при скорости 4 уз	8
Экипаж, чел.	2

Летом 1964 г. аппарат «Ашера» проводил подводные археологические исследования в Эгейском море. Находясь на глубине 6 м, он оказался в зоне действия внутренних волн, потерял управление и был навален на подводный коралловый риф. В результате удара в одном из иллюминаторов образовалась трещина, через которую стала поступать вода. Оператор не растерялся, быстро продул балластную цистерну, и аппарат благополучно всплыл на поверхность.

В дальнейшем на иллюминаторах аппарата были установлены защитные ограждения.

«Дениза» — SP-350 (Франция)

Водоизмещение, т	3,9
Глубина погружения, м	300
Скорость подводная, уз	1,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	21
по запасам электроэнергии при скорости 1 уз	4
Экипаж, чел.	2

В 1959 г. подводник капитан Жак Ив Кусто построил небольшой двухместный аппарат, напоминающий по форме огромное блюдо. В июле аппарат был спущен на воду в районе Марселя и при «крещении» получил название «Дениза» (по имени жены

одного из его создателей). Впоследствии в связи с появлением серии подводных аппаратов типа «ныряющее блюдце» его переименовали в SP-350.

В 1964—1965 гг. аппарат «Дениза» выполнил 125 погружений у тихоокеанского побережья США, проводя исследования в интересах ВМС. Во время одного из ночных погружений аппарат запутался в случайно оказавшемся на грунте манильском тросе. Только отдача 180 кг балласта позволила аппарату самостоятельно всплыть на поверхность. По аварийно-сигнальному огню он был обнаружен обеспечивающим судном и доставлен катером к его борту.

«Алюминаут» (США)

Водоизмещение, т	81,0
Глубина погружения, м	3340
Скорость подводная, уз	3,8
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	36
по запасам электроэнергии при скорости 3,8 уз	30
Экипаж, чел.	7

Весной 1966 г. аппарат «Алюминаут» принял участие в поисках водородной бомбы у берегов Испании близ Паломареса. Зона шельфа в районе поиска имела сложный рельеф и была сильно изрезана подводными каньонами. Во время очередного погружения, находясь на глубине 540 м, аппарат опустился на крутой склон шельфа, чтобы определить скорость подводного течения.

Очевидно, из-за неточного учета собственной плавучести «Алюминаут» заскользил по склону и, провалившись по каньону на 240 м, погрузился в ил. Чтобы оторваться, пришлось сбросить весь балласт. Аппарат всплыл на поверхность, неся на корпусе 1600 кг ила.

В том же году «Алюминаут», как уже упоминалось, проводя испытания в районе устья р. Коннектикут, перешел границу слоев воды с резким различием плотности на глубине около 40 м. Получив внезапно значительную отрицательную плавучесть (как показали впоследствии расче-

ты — 1580 кг), аппарат стал быстро погружаться. Только продувка балластных цистерн, включение на полную мощность вертикального винта, сброс аварийного балласта и в последний момент — гайдропа, т. е. все меры, которые мог предпринять экипаж, предотвратили удар о грунт и повреждение аппарата.

В не менее опасной ситуации оказался «Алюминаут» в августе 1968 г. во время погружения в Атлантическом океане у о. Векуес Айленд. На глубине 1880 м в результате короткого замыкания сгорело уплотнительное кольцо в кабельном вводе. Герметичность ввода была нарушена — через образовавшееся щелевое отверстие внутрь прочного корпуса ударила струя воды. Экипаж предпринял меры для экстренного всплытия, включая сброс аварийного балласта, и «Алюминаут» благополучно появился на поверхности.

Пострадавшее от воды оборудование аппарата (воды поступило около 50 кг) потребовало незначительного ремонта.

В августе 1969 г. «Алюминаут» участвовал в операции по подъему затонувшего в Атлантическом океане (юго-восточнее порта Вудс-Холл, штат Массачусетс) подводного аппарата «Элвин». При одном из погружений, после 12 ч непрерывной работы на глубине 1530 м, содержание углекислого газа внутри прочного корпуса «Алюминаута» достигло предела. Работа была прекращена. После срочного всплытия обнаружили, что пробита изоляция обмотки электродвигателя масляного насоса.

«Элвин» (США)

Водоизмещение, т	15
Глубина погружения, м	3600
Скорость подводная, уз	2,5
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	72
по запасам электроэнергии при скорости 2,5 уз	8
Экипаж, чел.	3

В 1966 г. «Элвин» участвовал в поиске водородной бомбы у Пало-

мареса. При очередном погружении в условиях низкой видимости аппарат запутался в стропах парашюта обнаруженной им бомбы — парашют был раскрыт подводным течением. Ловушки удалось избежать благодаря своевременной реакции оператора, управляющего аппаратом, и умелому маневрированию.

В 1967 г. на «Элвин» совершила нападение меч-рыба, повредившая легкий корпус аппарата, о чем уже было рассказано ранее.

16 октября 1968 г. аппарат «Элвин» затонул в 135 милях юго-восточнее своей базы Вудс-Холл на глубине 1524 м. При подготовке к очередному погружению «Элвин» был установлен на подъемнике между корпусами обеспечивающего судна — катамарана «Лулу». В момент, предшествовавший аварии, аппарат удерживался командой катамарана с помощью линий. Погода была штормовая. Внезапно оборвался один из тросов, а следом за ним — второй. «Элвин» соскользнул в воду с открытым люком, черпнул воды и затонул. Два оператора едва успели выбраться из аппарата.

В августе следующего года «Элвин» был поднят на поверхность и отбуксирован в Вудс-Холл. Аппарат пролежал почти год на дне океана. Однако к общему удивлению его металлические части не подверглись коррозии. Не пострадали даже бутерброды, которые экипаж оставил в аппарате. Они намокли, но остались пригодными для употребления. Это свидетельствует об очень низкой микробиологической активности на больших глубинах. В дальнейшем «Элвин» был модернизирован. Стальной прочный корпус аппарата заменили на титановый, что позволило увеличить рабочую глубину погружения до 3600 м.

Летом 1974 г. «Элвин» застрял в скальных выступах при обследовании узкого каньона на глубине 2745 м. Аппарату удалось высвободиться после длительного маневрирования переменным ходом вперед-назад.

«Стар-3» (США)

Водоизмещение, т	9,0
Глубина погружения, м	610
Скорость подводная, уз.	4,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	24
по запасам электроэнергии при скорости 4,0 уз	12
Экипаж, чел.	2

В августе 1966 г. в аппарате «Стар-3», проводившем исследования в районе Бермудских островов, внезапно полностью прекратилось электропитание — погас свет, остановились гребные электродвигатели, и аппарат потерял ход. Экипаж срочно продул балластные цистерны. «Стар-3» всплыл на поверхность и был поднят на борт обеспечивающего судна. Осмотр показал, что гидростатическим давлением раздавлен контейнер с аккумуляторной батареей из-за неисправности масляного компенсатора.

«Дип Дайвер» (США)

Водоизмещение, т	7,5
Глубина погружения, м	410
Скорость подводная, уз.	3,5
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	20
по запасам электроэнергии при скорости 3,5 уз	18
Экипаж, чел.	4

«Дип Дайвер» — первый аппарат со шлюзовым отсеком, разработанный Э. Линком. Пройдя испытания в марте — июне 1967 г., аппарат приступил к выполнению программы исследований. Однажды во время очередного погружения на глубине 280 м оборвалась связь аппарата с судноносителем «Си Дайвер». На вызовы носителя аппарат не отвечал. Прошел час, еще полчаса... Непрерывные вызовы, но ответа по-прежнему нет... Вот уже 4 ч 30 мин ничего не известно об аппарате. На судне готовятся к поиску с учетом возможного сноса аппарата течением. И вдруг — неожиданность. «Дип Дайвер» появился в эфире! Он всплыл в полумиле от судна. С аппарата сообщили по радио, что вышел из строя передатчик гидроакустической связи, все остальное в порядке. После подъема

на борт «Си Дайвера» неисправность была обнаружена — сгорели диод и предохранитель. Только и всего! Странно, конечно, что экипаж аппарата продолжал погружение после обрыва связи.

Еще одна аварийная ситуация возникла при работе «Дип Дайвера» по заданию военно-морского ведомства США в зоне Гольфстрима у Ньюфаундлендской банки. В одном из ночных погружений пилот аппарата на назначенной глубине 180 м запросил обеспечивающее судно и получил разрешение продолжить погружение. В этот момент экипаж почувствовал резкий запах гари. Не выясняя причины, пилот отключил все электропитание, приказал экипажу одеть автономные дыхательные аппараты и начал срочное всплытие. «Дип Дайвер» появился на поверхности океана примерно в четверти мили от обеспечивающего судна, был сразу же обнаружен по проблесковому огню и катером отбуксирован к борту. Оказалось, что произошло короткое замыкание на распределительном щите электросети аппарата.

Роль обеспечивающего судна на этот раз выполняло судно «Сейг Эспресс», не имевшее специального гидравлического крана со следящим устройством для безопасного спуска и подъема аппарата на волнении (на штатном носителе «Си Дайвер» такой кран был). Спуско-подъемные операции выполнялись 25-тонным краном ограниченной маневренности. При этом часто случались удары аппарата о корпус судна. В последний день работы была штормовая погода. Пришлось отказаться от подъема «Дип Дайвера» на борт носителя и буксировать его в базу при сильном волнении в течение нескольких часов. Подъем аппарата вблизи базы также не обошелся без повреждений. После установки «Дип Дайвера» на кильблоки обнаружили, что повреждены кормовая часть легкого корпуса аппарата и приемо-передающая акустическая система гидролокатора.

«Дип Стар-4000» (США)

Водоизмещение, т	8,6
Глубина погружения, м	1200
Скорость подводная, уз	3,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	12
по запасам электроэнергии при скорости 3,0 уз	8
Экипаж, чел.	3

В мае 1967 г. «Дип Стар-4000» проводил исследования у берегов Флориды, близ Панама-Сити. Перед очередным погружением аппарат был поднят с палубы обеспечивающего судна «Сеари Тайд» и вывален за борт кормовым 25-тонным краном. В этот момент внезапно самопроизвольно раскрылся грузовой гак, и аппарат упал на воду с высоты нескольких метров. От сильного удара повредились легкий корпус и некоторое забортное оборудование. Экипаж не пострадал, если не считать ушибов.

Кроме непосредственного виновника аварии — грузового гака, неисправным оказался и механический указатель его положения. Он показывал «закрыто», в то время как гак был полуоткрыт. В дальнейшем гак и указатель положения были модернизированы. Гак раскрывался теперь только при снижении нагрузки до 230 кг, т. е. только тогда, когда аппарат находился уже на плавучей или на палубе судна.

Год спустя в одном из погружений в Мексиканском заливе «Дип Стар-4000» был отнесен сильным подводным течением далеко от обеспечивающего судна и потерял с ним звукоподводную связь. Аппарат всплыл на поверхность, но из-за сильных атмосферных помех радиосвязи также не было. К этому времени запасы электроэнергии на аппарате полностью иссякли. Лишь после того как экипаж обозначил аппарат сигнальными ракетами, «Дип Стар-4000» был замечен носителем, доставлен катером к борту и поднят на палубу. Подводное течение, явившееся причиной аварийной ситуации, не было

показано на карте района и не было промерено: судном-носителем перед погружением аппарата.

В 1969 г. «Дип Стар-4000» проводил геологические исследования на шельфе у атлантического побережья США. Для взятия проб грунта использовался бур, а аппарату придавались отрицательная плавучесть и дифферент. Поверхность грунта в районе исследований была покрыта слоем ила.

В конце 162-го погружения аппарат находился на грунте, имея дифферент на нос. Собрав образцы грунта, пилот включил для всплытия насос откачки воды из уравнильной цистерны, однако цистерна не осушалась. Тогда было решено сбросить твердый аварийный балласт, но ни гидравлический, ни ручной механизмы сброса не сработали. Решили освободиться от ртути в дифферентной системе, однако необходимая для этого система гидравлики бездействовала. Вся ртуть из дифферентной системы (90 кг) была аварийно продута за борт сжатым азотом — аппарат не пошевелился. Оставались последние резервы аварийно-отдаваемого балласта — контейнер с научно-исследовательской аппаратурой (32 кг) и носовая аккумуляторная батарея (205 кг). Экипаж не знал фактического состояния аппарата и поэтому сбросил аккумуляторную батарею. Аппарат оторвался от грунта и всплыл на поверхность. В процессе всплытия отдался твердый аварийный балласт, в результате чего первоначальная скорость всплытия увеличилась.

При осмотре аппарата на палубе судна-носителя были обнаружены течь в трубопроводе уравнильной цистерны, механическое заедание в системе гидравлики, заедание аварийного балласта в обтекателе устройства сброса при дифференте аппарата. В нишах легкого корпуса и в трубках бура аппарат вынес со дна 85 кг ила.

«Дип Квест» (США)

Водоизмещение, т	52
Глубина погружения, м	2440
Скорость подводная, уз	4,5
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	48
по запасам электроэнергии при скорости 4,5 уз	24
Экипаж, чел.	4

В октябре 1969 г. «Дип Квест» выполнял тренировочные работы по подъему цилиндрических объектов с глубины 130 м. Район работ находился в 5 милях юго-западнее Сан-Диего, штат Калифорния. Закрепив трубу массой 780 кг полипропиленовым тросом, пилот собрался всплывать, но вдруг обнаружил, что трос намотался на левый гребной винт. Все попытки освободиться от троса с помощью манипуляторов ни к чему не привели: конец троса между винтом и трубой был настолько коротким, что не позволял аппарату маневрировать. Всплытие аппарата вместе с трубой благодаря сбросу аварийного балласта исключалось, поскольку большой крен аппарата, неизбежный при этом, был недопустим. Предстояло ждать помощи.

Запас времени пребывания «Дип Квеста» на грунте (по средствам жизнеобеспечения) составлял к моменту аварии около 30 ч.

Нужны были экстренные энергичные меры. За 8 ч из Лос-Анджелеса, находящегося в 130 милях от места аварии, был доставлен маленький, очень маневренный двухместный аппарат «Нектон-Альфа», снабженный манипулятором. Наведение его на «Дип Квест» осуществлялось посредством звуковой связи с обеспечивающего судна. Приступив к спасательной работе, «Нектор-Альфа» спустя некоторое время избавил пленника от трубы, перерезав державший его полипропиленовый трос диаметром 9,5 мм обычным водолазным ножом, зажатым в захвате манипулятора. Освобожденный «Дип Квест» всплыл на поверхность после 30 ч пребывания под водой, когда запасы воздуха в аппарате были на исходе.

«Шелф Дайвер» (США)

Водоизмещение, т	7,7
Глубина погружения, м	240
Скорость подводная, уз	3,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	20
по запасам электроэнергии при скорости 3,0 уз	18
Экипаж, чел.	3—4

В 1969 г. аппарат «Шелф Дайвер» выполнял исследования в Мексиканском заливе. Для обозначения своего места при работе и в процессе движения аппарат буксировал на буйрепе надводный буюк. Случилось так, что проходившее в районе работ надводное судно случайно зацепило буйреп и потащило аппарат за собой. Возникла аварийная ситуация. Судно срочно остановили, и водолазы перерезали буйреп. У аппарата был поврежден легкий корпус. В дальнейшем аппараты фирмы «Перри» стали оснащаться устройствами для быстрой отдачи буйрепов в аварийной обстановке.

Позднее «Шелф Дайвер» опять повредил свой легкий корпус. На этот раз авария произошла при осмотре аппаратом подводного нефтепровода. Недостаточность визуального обзора через иллюминаторы и низкая разрешающая способность гидролокатора послужили причиной удара аппарата о жесткий якорный буй.

«Си Клиф» и «Тартл» (США)

Водоизмещение, т	21,0
Глубина погружения, м	1980
Скорость подводная, уз	3,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	34
по запасам электроэнергии при скорости 3,0 уз	8
Экипаж, чел.	3

С 1969 г. аппараты «Си Клиф» и «Тартл» проходили испытания в Атлантическом океане у глубоководной впадины Тонга близ о. Нью-Провиденс. Сильным подводным течением они были отнесены далеко от обеспечивающего судна. Звукоподводная связь с судном была потеряна. С почти полностью разряженными батареями аппараты всплыли на поверх-

ность. Ко всем неприятностям добавилась штормовая погода. Только сигнальные ракеты обеспечили обнаружение аппаратов судном-носителем.

Подводное течение в районе погружения не было обозначено на карте. Но основной причиной аварийной ситуации явилось нарушение экипажами правила — всплывать на поверхность сразу же при обрыве связи и не допускать под водой полной разрядки аккумуляторной батареи.

«Бивер Марк-IV» (США)

Водоизмещение, т	15,4
Глубина погружения, м	610
Скорость подводная, уз	5,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	
по запасам электроэнергии при скорости 5,0 уз	8
Экипаж, чел.	5

В марте 1969 г. аппарат «Бивер марк-IV» проходил испытания у о. Каталина. Спуск аппарата на воду и его подъем осуществлялись с помощью тележки, установленной на рельсах слипа. При очередном спуске аппарата во время штормовой погоды накатилась большая волна, подняла тяжелый аппарат и ударила его о тележку, повредив легкий корпус и расположенное в нем оборудование.

В июне 1970 г. при спуске аппарата с судна-носителя самопроизвольно разомкнулось устройство для сбрасывания аккумуляторной батареи. Контейнер с батареей упал в воду и затонул.

В июле того же года при одном из погружений в заливе Санта-Барбара, когда «Бивер Марк-IV» с водолазами на борту находился на большой глубине, возник пожар внутри прочного корпуса аппарата. Экипаж надел кислородные маски и ликвидировал пожар огнетушителем. Был сброшен аварийный балласт, и аппарат всплыл на поверхность. Возгорание произошло в результате короткого замыкания в соединительной

коробке силовой сети и сопровождалось выделением значительного количества дыма. Была выведена из строя электропроводка. Причиной аварии явилось нарушение герметичности соединительной коробки и проникновение в нее морской воды, что привело к пробое изоляции.

«Гаппи» (США)

Водоизмещение, т	2,5
Глубина погружения, м	305
Скорость подводная, уз.	3,0
Автономность по средствам жизнеобеспечения, ч	12
Экипаж, чел.	2

Двухместный аппарат «Гаппи» привязной, т. е. связан питающим электрокабелем с обеспечивающим судном.

В 1970 г. после очередного погружения в заливе Санта-Барбара аппарат был поднят на борт и установлен на кильблоки на палубе судна-носителя. Команда ушла обедать, не закрепив аппарат и не закрыв крышку люка. Погода была штормовая, и «Гаппи» сорвался с кильблоков. От падения за борт он был удержан подъемным тросом, как которого по счастливой случайности команда не сняла с грузового рыма аппарата. В подвешенном состоянии «Гаппи» раскачивался в такт качке судна, ударяясь то о кильблоки, то о фальшборт. Повреждены были легкий корпус и внешнее оборудование, что потребовало затем существенного ремонта.

Не повезло «Гаппи» и у Багамских островов. Во время работы под водой в кабельный разъем, через который подводилось питание к гребному электродвигателю (напряжение 440 В переменного тока), попала морская вода. Электродвигатель и кабельный разъем сгорели. Причиной аварии — плохое уплотнение разъема.

«Нектон-Бета» (США)

Водоизмещение, т	2,25
Глубина погружения, м	305
Скорость подводная, уз.	2,5

Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	24
по запасам электроэнергии при скорости 2,5 уз	3,5
Экипаж, чел.	2

В сентябре 1970 г. при подъеме затонувшего у о. Санта-Каталина мотобота использовались однотипные двухместные аппараты «Нектон-Альфа» и «Нектон-Бета». Спустившись на грунт, они застропили катер, лежащий на глубине 75 м, и закрепили как подъемного троса, доставленного с обеспечивающего судна «Ойл Сити». Заработало подъемное устройство, катер оторвался от грунта и пошел вверх. «Нектон-Альфа» всплыл на поверхность, а «Нектон-Бета», державшись на грунте, находился под мотоботом, когда трос внезапно лопнул. Мотобот камнем пошел вниз и упал на «Нектон-Бета» с «высоты» 40 м. Один из акриловых иллюминаторов аппарата (толщиной 32 мм) был расколот, и в образовавшуюся пробоину хлынула вода. Пилот успел открыть люк и всплыть на поверхность, отделавшись баротравмами, а оператор Л. Хедли погиб. Как выяснилось впоследствии, он успел надеть снаряжение типа «скуба», но времени для подключения шланга ему, по-видимому, не хватило.

Через неделю аппарат был поднят судном «Ойл Сити» с помощью «Нектон-Альфа». Осмотр показал, что поврежден легкий и прочный корпус аппарата, вышли из строя приборы и электронное оборудование. Причиной катастрофы явились нарушение правил безопасности (аппарат «Нектон-Бета» находился под грузом) и просчет в выборе троса.

«Бен Франклин» (США)

Водоизмещение, т	143
Глубина погружения, м	610
Скорость подводная, уз.	4,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	48
по запасам электроэнергии при скорости 4,0 уз	40
Экипаж, чел.	3

В апреле 1970 г. «Бен Франклин» получил значительные повреждения

легкого корпуса и контейнера с аккумуляторной батареей. Аппарат был пришвартован на ночь к корме обеспечивающего судна «Привотер». Налетевший шторм сорвал судно с якоря и вместе с аппаратом снес на рифы.

Напомним также (пусть извинит нас читатель за повторение) о нападении меч-рыбы, которому подвергся «Бен Франклин» при плавании в Гольфстриме. Атака строптивного животного закончилась повреждением легкого корпуса аппарата.

SP-3000, «Сиана» (Франция)

Водоизмещение, т	7,0
Глубина погружения, м	3000
Скорость подводная, уз	5,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	48
по запасам электроэнергии при скорости 5,0 уз	10
Экипаж, чел.	3

Осенью 1970 г. аппарат SP-3000, впоследствии названный «Сианой», был доставлен после ремонта в район Неаполя. Ему предстояло пройти испытания в Тирренском море. Испытания проводились путем погружения аппарата (без экипажа) с обеспечивающего судна на нейлоновом тросе на глубину более 3000 м, чтобы проверить прочность и герметичность корпуса. Трос крепился к рыму прочного корпуса аппарата с помощью соединительной скобы. К нижней части корпуса на коротком 15-метровом нейлоновом тросе (диаметром 20 м) был прикреплен 500-килограммовый балласт, компенсировавший вес отсутствующего экипажа и придававший аппарату необходимую для испытаний отрицательную плавучесть. Спуск выполнялся мощной лебедкой судна-носителя.

В процессе спуска аппарата каким-то образом вывинтился болт соединительной скобы — SP-3000 стал быстро погружаться. Перед подходом к грунту он как бы стал на якорь, роль которого выполнил балласт (сам аппарат имел положительную плавучесть). К месту аварии был вызван батискаф «Архимед». Через 12 дней

его доставили на буксире из Тулона. Затонувший аппарат обнаружить было не трудно благодаря установленному на нем акустическому излучателю, запаса энергии которого хватало на месяц работы. Опустившись на дно, «Архимед», пеленгуя сигналы излучателя, пошел на сближение с SP-3000 и на дистанции 500 м «увидел» его своим гидролокатором. Батискаф подошел к тросу, соединяющему балласт-якорь с «утопленником», и дисковым вращающимся ножом, зажатым в захвате манипулятора, перерезал его. Освобожденный SP-3000 с глубины 3300 м всплыл на поверхность.

В июле 1974 г. во время исследований, проводимых в Атлантическом океане экспедицией ФАМОУС, аппарат «Сиана» постигла неудача, когда он находился на глубине 2000 м. В результате неисправности трубопровода из защитных кожухов, предохраняющих погружные гребные электродвигатели от забортной воды, вышел азот. Электродвигатели остановились. Был отдан аварийный балласт, и аппарат всплыл на поверхность. После ремонта аппарат «Сиана» продолжил исследования.

КУРВ-3 (США)

Масса в воздухе, т	2,2
Глубина погружения, м	2100
Скорость подводная, уз	3,0

В октябре 1970 г. необитаемый, управляемый по кабелю аппарат КУРВ-3 был использован для поиска и последующего подъема комплекта океанографических приборов, установленного на глубине 1850 м у о. Ванкувер (тихоокеанское побережье США). Конструкция комплекта предусматривала его самостоятельное всплытие по команде, передаваемой по гидроакустическому каналу с поверхности. Но по какой-то причине система всплытия не сработала, и комплект оказался утерянным.

Поиск комплекта приборов аппаратом КУРВ-3 обеспечивался судном «Файр Веза». Через 4 ч безрезультатного поиска погода резко

ухудшилась (скорость ветра достигла 15 м/с, волнение — 5 баллов), и работу пришлось прекратить. Судно-носитель приступило к подъему аппарата. В момент, когда глубина погружения КУРВ-3 составляла 180 м, кабель оборвался, и аппарат затонул. Предпринятые впоследствии поиски аппарата кораблями ВМС и Береговой охраны успеха не принесли.

«Йомиури» (Япония)

Водоизмещение, т	35,0
Глубина погружения, м	300
Скорость подводная, уз	4
Экипаж, чел.	6

Аппарат «Йомиури», предназначенный для проведения глубоководных исследований, успешно совершил несколько погружений. В 1971 г. он затонул во время стоянки у борта обеспечивающего судна от воздействия тайфуна. Экипаж не пострадал. После подъема аппарат больше не использовался.

«Архимед» (Франция)

Водоизмещение, т	203
Глубина погружения, м	11 000
Скорость подводная, уз	2,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	36
по запасам электроэнергии при скорости 2,0 уз	10
Экипаж, чел.	3

Участвуя в исследованиях в составе экспедиции ФАМОУС в 1973—1974 гг., «Архимед» неоднократно повреждал легкий корпус, задевая скальные выступы в рифтовых ущельях и наваливаясь на крутые склоны возвышенностей дна под влиянием сильных подводных течений. Но повреждения были незначительными. В целом батискаф зарекомендовал себя надежным аппаратом. Однако и он однажды попал в неприятную ситуацию.

Во время одного из погружений в июле 1973 г., когда «Архимед» находился на глубине 2700 м, возник пожар в прочном корпусе. Причиной его послужило короткое замыкание, приведшее к возгоранию изоляции

электрокабеля. Гондола батискафа наполнилась дымом. Срочно был отдан аварийный балласт, и «Архимед» благополучно всплыл на поверхность. Одновременно пожар был ликвидирован экипажем.

«Пайсис-3» (Канада)

Водоизмещение, т	13,1
Глубина погружения, м	914
Скорость подводная, уз	2,0
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	72
по запасам электроэнергии при скорости 2,0 уз	18
Экипаж, чел.	3

В августе 1973 г. аппарат «Пайсис-3» прокладывал телефонный трансатлантический кабель. Однажды при всплытии на поверхность с глубины 420 м в 150 милях юго-западнее порта Корк (Ирландия) аппарат задел трос, поддерживающий кабель, и повредил клапан вентиляции уравнивательной цистерны. Выгодка электромасляного насоса цистерны заполнилась водой, и аппарат затонул. Компенсировать полученную значительную отрицательную плавучесть было нечем. Для экономии кислорода члены экипажа аппарата ограничились переговорами друг с другом и сохраняли неподвижность.

Подъем «Пайсиса-3» был выполнен судами-носителями «Виккерс Вояжер» и «Джон Кэбот» с помощью трех аппаратов — двух обитаемых «Пайсис-2» и «Пайсис-5» и необитаемого КУРВ-3. Когда подъем был закончен и крышку люка открыли, выяснилось, что запаса кислорода в «Пайсисе-3» оставалось на 30 мин [48].

«Джонсон Си Линк» (США)

Водоизмещение (надводное), т	11,5
Глубина погружения, м	610
Скорость подводная, уз	4,5
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	48
по запасам электроэнергии при скорости 4,5 уз	5
Экипаж, чел.	5

В июне 1973 г. подводный аппарат со шлюзовым отсеком «Джон-

сон Си Линк» проводил биологические исследования в 15 милях юго-восточнее Ки-Уэста (штат Флорида). Всеми операциями руководил находившийся на обеспечивающем судне «Си Дайвер» конструктор аппарата Эдвин Линк. За год до этого здесь был затоплен списанный американский эсминiec «Берри», который должен был имитировать на грунте на глубине 110 м искусственный риф для привлечения различных представителей морской фауны. Совершив погружение, «Джонсон Си Линк» продвигался вдоль борта эсминца, осматривая установленные для ловли морских животных специальные ловушки. Внезапно сильным подводным течением аппарат втянуло кормой в большую пробоину в правом борту злополучного «рифа». Зацепившись за леерное ограждение эсминца, «Джонсон Си Линк» потерял всякую возможность освободиться самостоятельно, о чем сообщил на «Си Дайвер» по звукоподводному телефону. Эффективная помощь была оказана только спустя более 30 ч.

Экипаж аппарата состоял из четырех человек. Для пилота и наблюдателя все закончилось благополучно, а находившиеся в водолажном отсеке акванавты Клейтон Линк (сын Эдвина Линка) и А. Стоуэр погибли от переохлаждения и отравления двуокисью углерода.

«Юдзүки» (Япония)

Водоизмещение, т	5,6
Глубина погружения, м	200
Скорость подводная, уз	2,0
Автономность по средствам жизнеобеспечения, ч	48
Экипаж, чел.	2

В июне 1974 г. в Токийской бухте был опущен на глубину 10 м двухместный привязной аппарат «Юдзүки». Снабжение его электроэнергией осуществлялось по кабелю с обеспечивающего судна. Погружение было тренировочным. Внезапно от короткого замыкания в силовом кабеле загорелась виниловая изоляция. Токсичный дым заполнил прочный корпус. Операторы, теряя сознание, су-

мели все же сообщить о пожаре на обеспечивающее судно. Аппарат был срочно поднят на поверхность, но медицинская помощь пострадавшим не возымела действия — оба члена экипажа погибли.

TS-1, PC-9 (США)

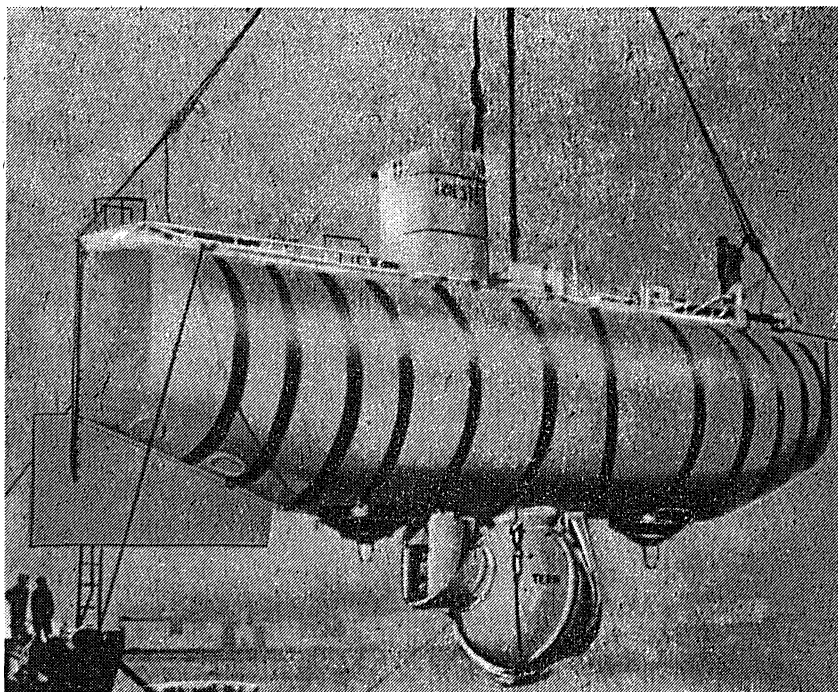
Водоизмещение, т	12
Глубина погружения, м	405
Скорость подводная, уз	4,5
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	24
по запасам электроэнергии при скорости 4,5 уз	10
Экипаж, чел.	3

В октябре 1974 г. двухместный подводный аппарат TS-1 (в дальнейшем получивший название PC-9) работал в 180 милях северо-восточнее Шотландии на прокладке подводного нефтепровода. В один из дней, находясь на глубине 85 м, аппарат намотал на кормовой винт полипропиленовый трос мертвого якоря (использовавшегося для постановки платформ с буровыми вышками). Тщетно пытался TS-1 самостоятельно освободиться от троса. На помощь пришли акванавты обеспечивающего судна «Челленджер», опущенные в водолажном колоколе, и вскоре аппарат всплыл на поверхность.

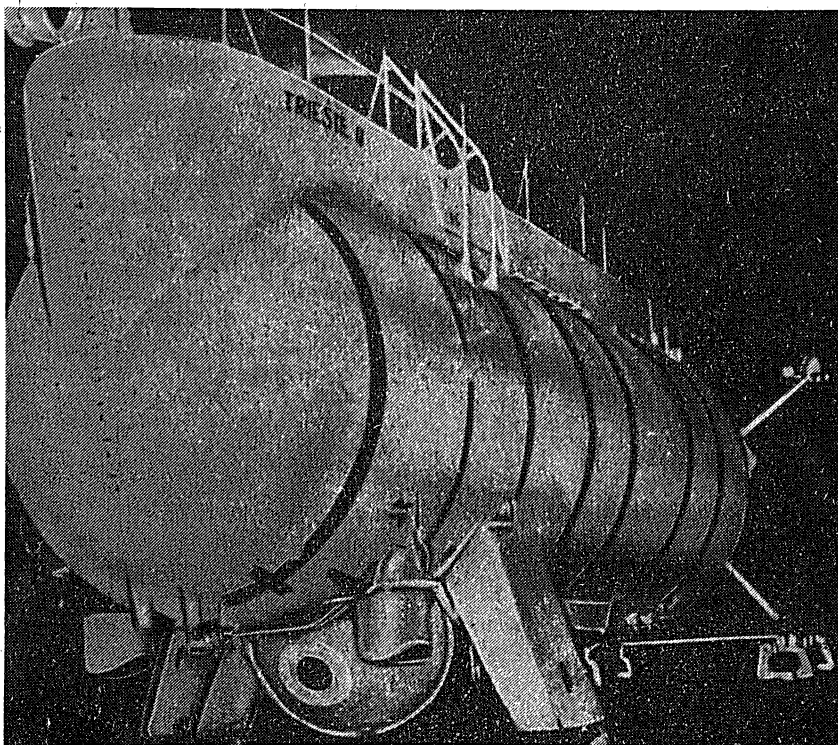
Аналогичный случай произошел с этим же аппаратом в марте 1978 г. в 70 милях восточнее Шотландии. Работая вблизи буровой вышки на глубине 98 м, аппарат запутался в полипропиленовом тросе, который случайно оказался на грунте. Освободиться от троса самостоятельно аппарат не мог. Помощь была оказана акванавтами обитаемого аппарата PC-1202 со шлюзовым отсеком, доставленного к месту аварии спасательным судном «Интерсаб-3».

«Моана» (Франция)

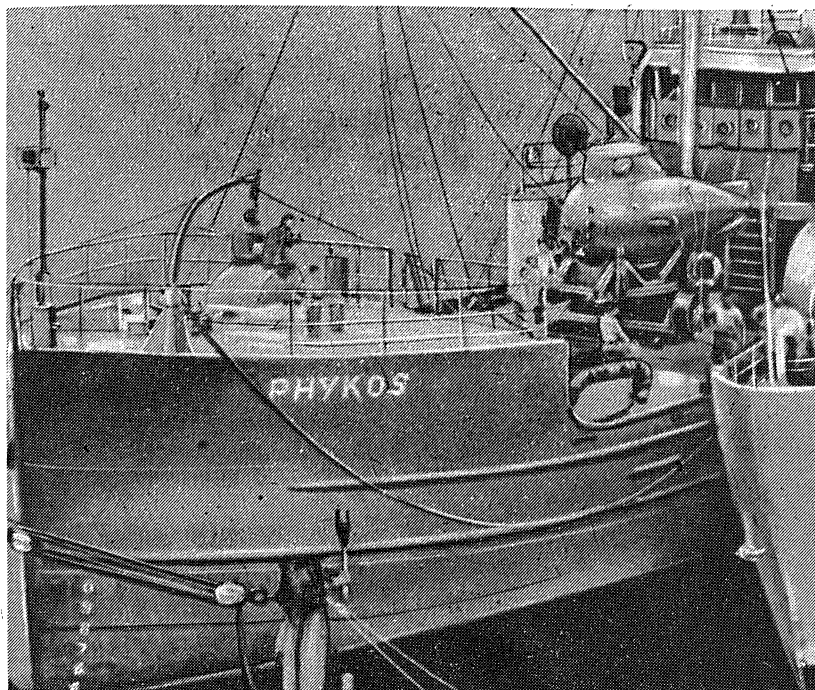
Водоизмещение, т	9
Глубина погружения, м	400
Скорость подводная, уз	4
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	72
по запасам электроэнергии при скорости 4 уз	10
Экипаж, чел.	3



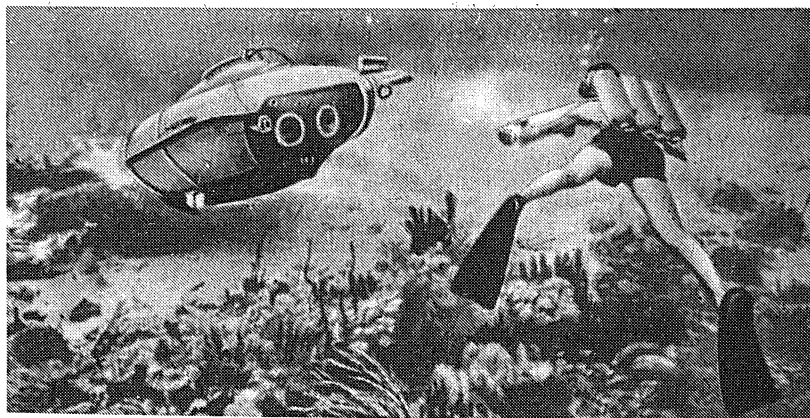
«Триест»



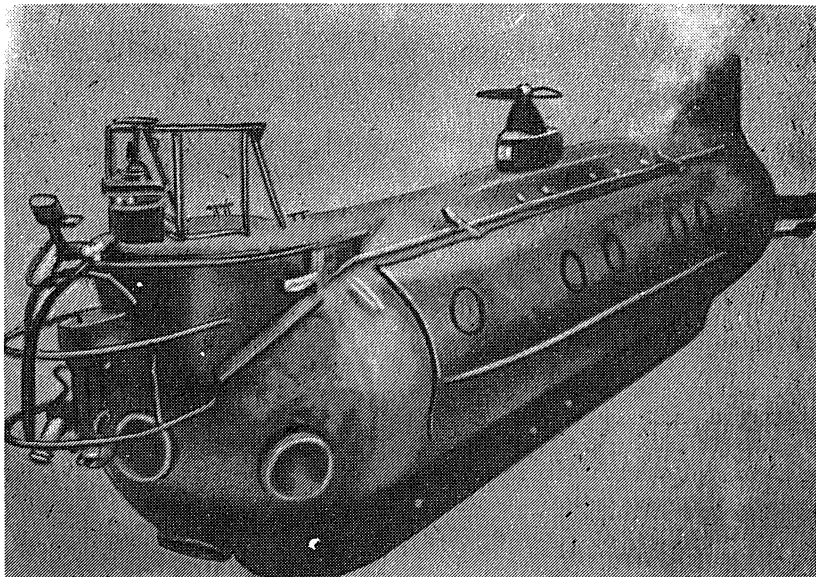
«Триест-2»



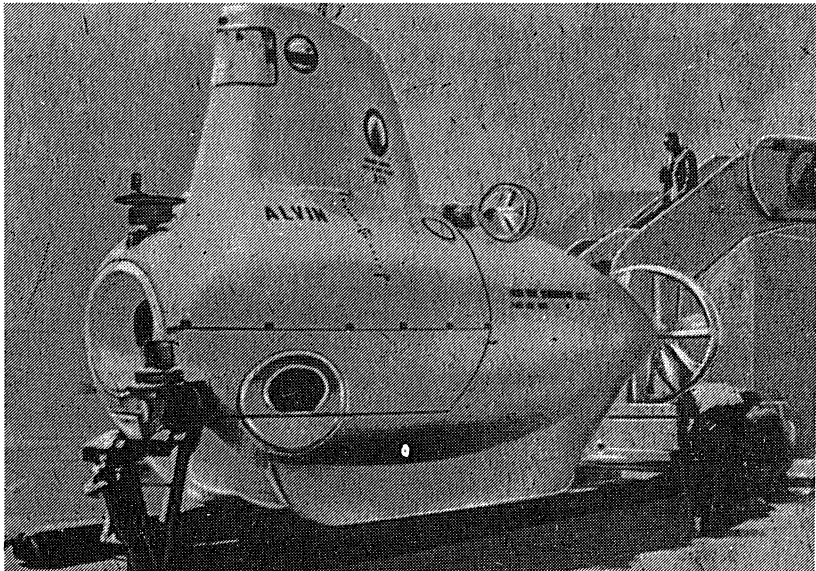
«Ашера»



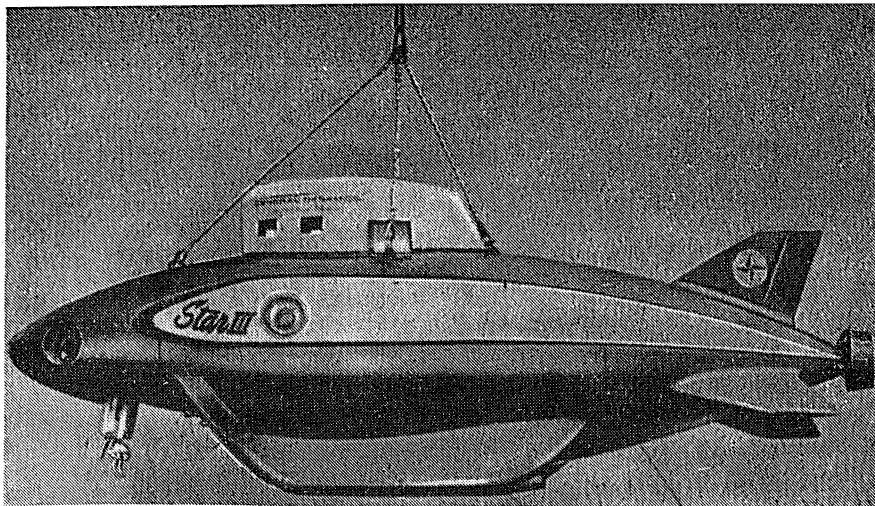
«Дениза»



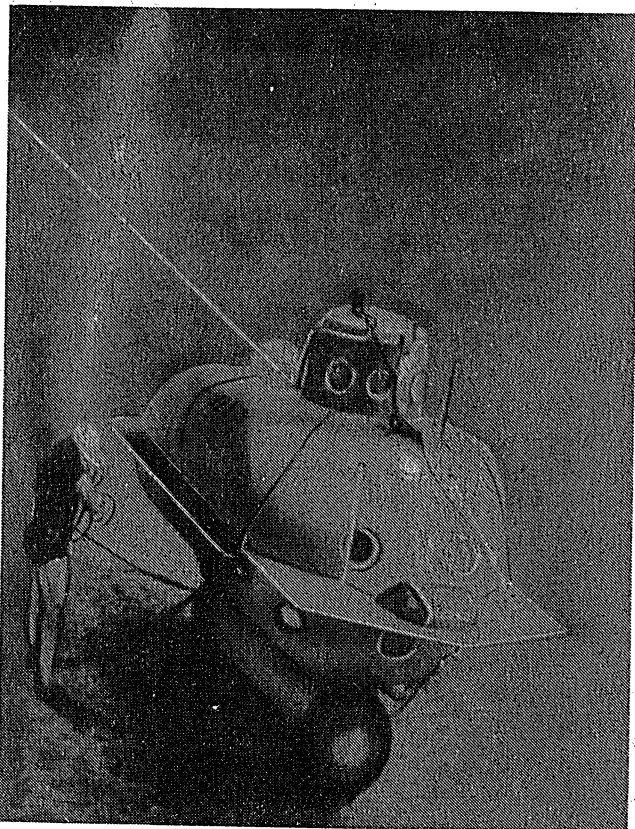
«Алюминаут»



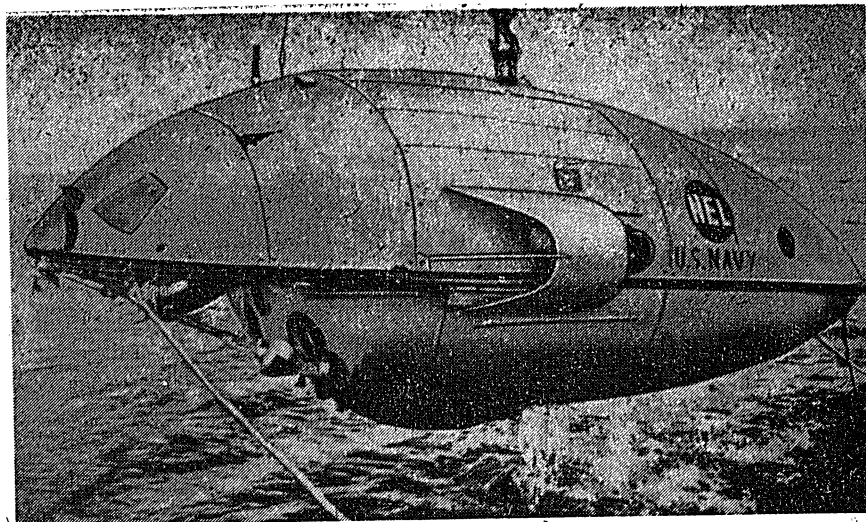
«Элвин»



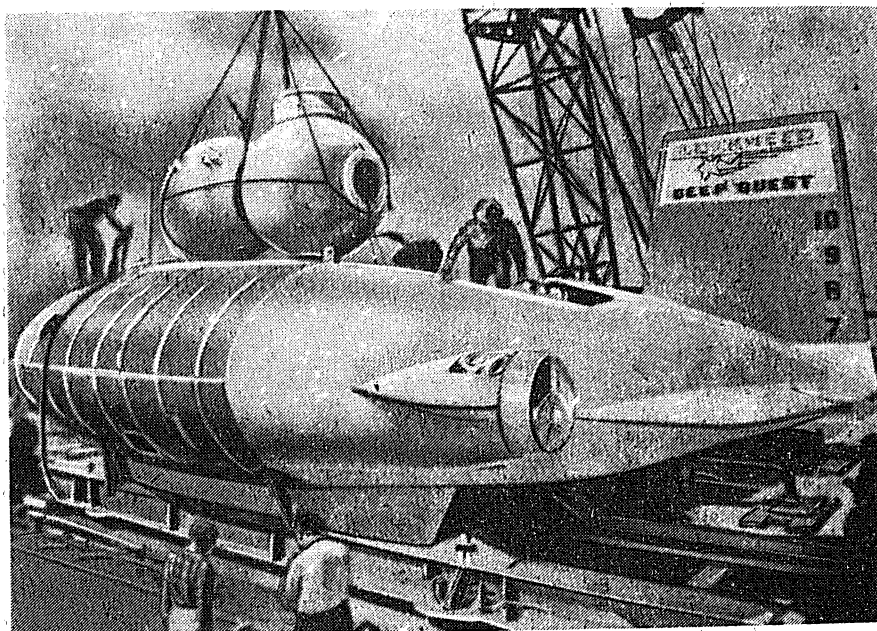
«Стар-3»



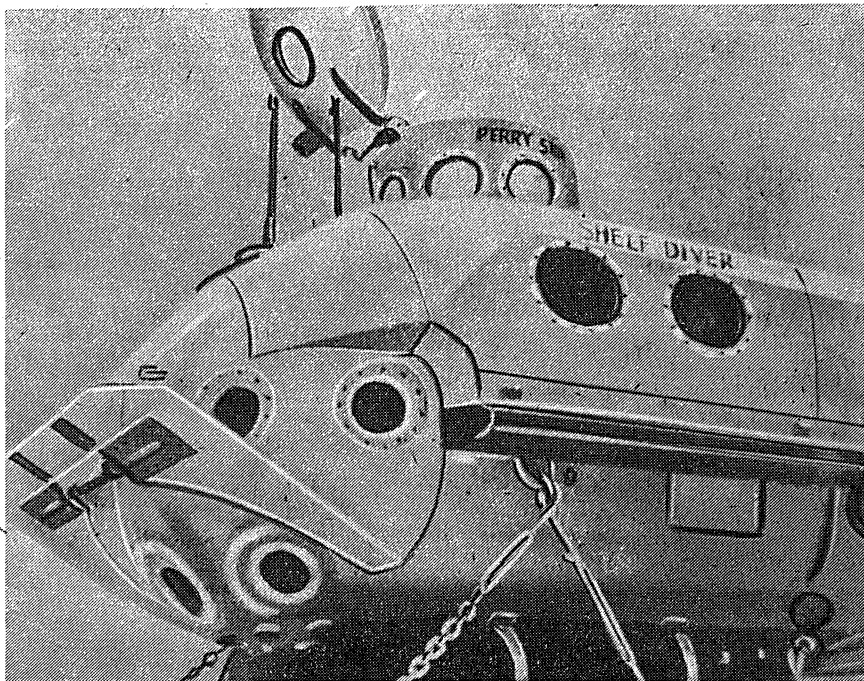
«Дип Дайвер»



«Дип Стар-4000»



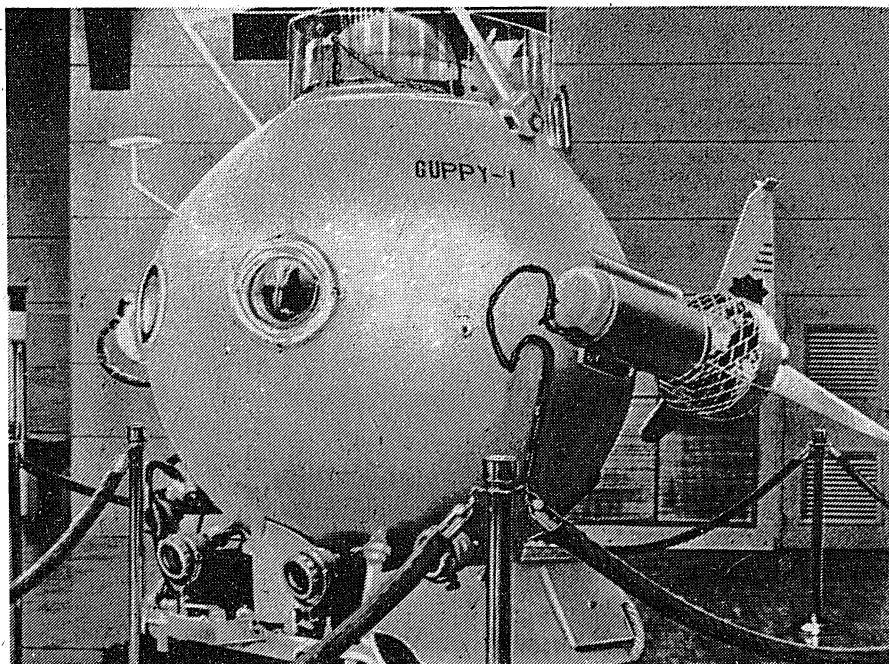
«Дип Квест»



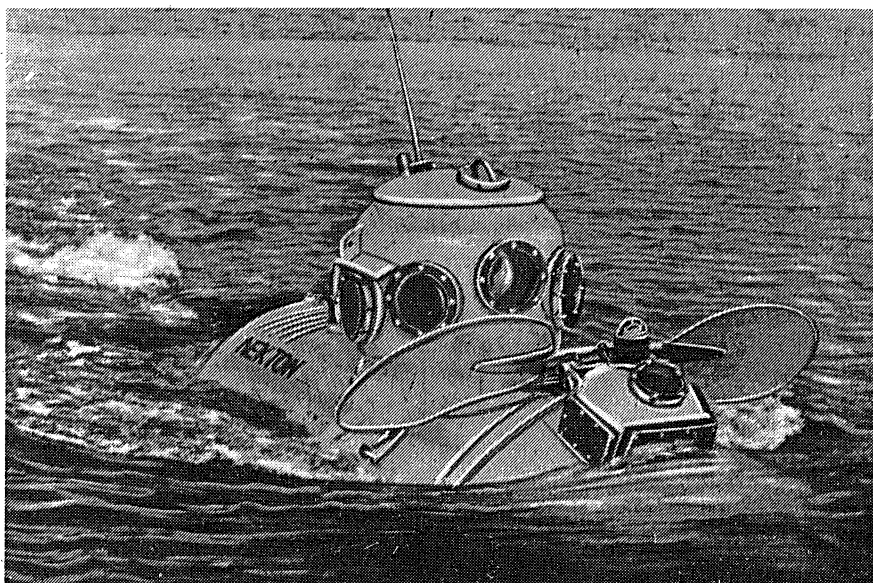
«Шелф Дайвер»



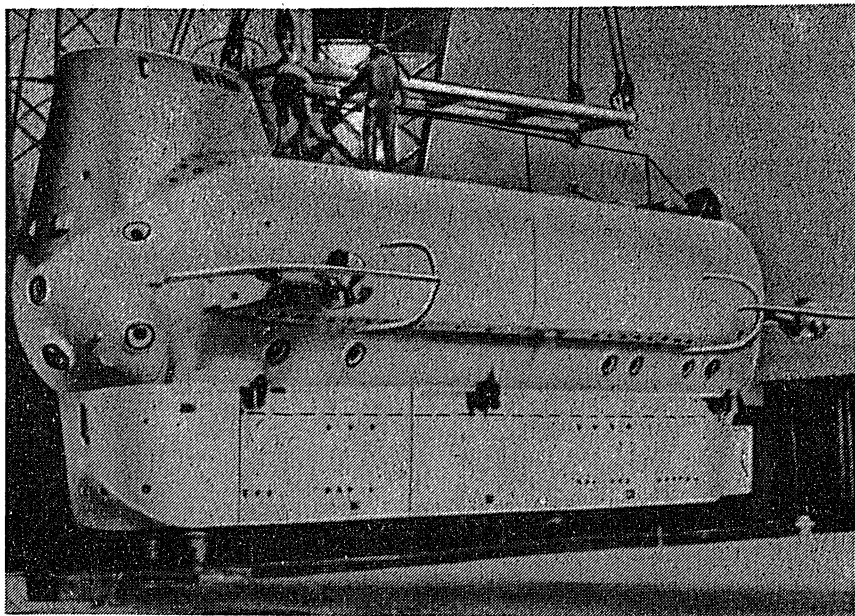
«Бивер Марк-IV»



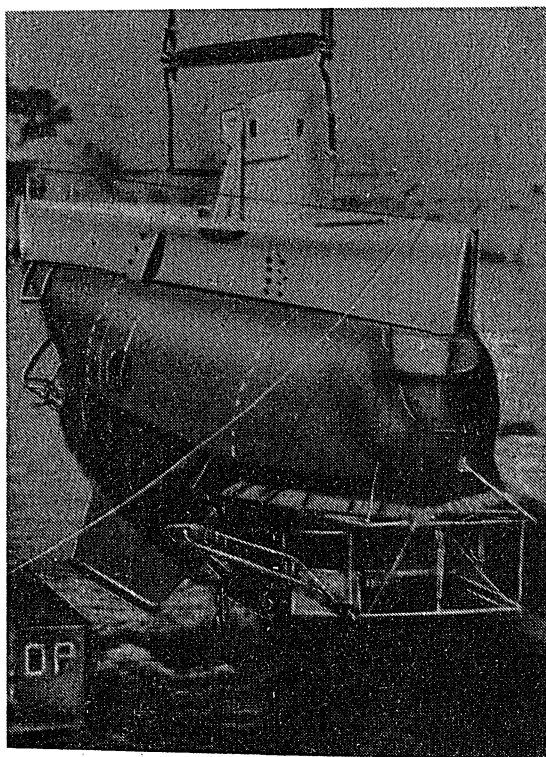
«Гаппи-1»



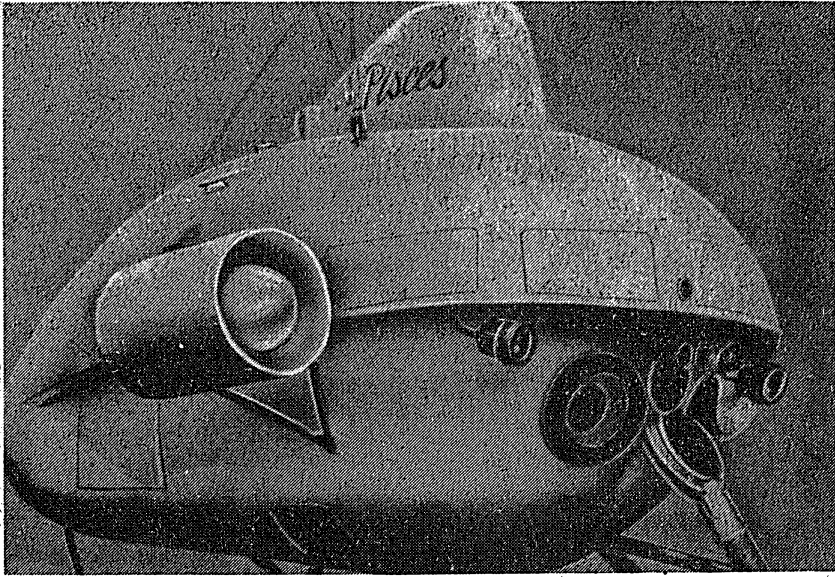
«Нектон-Альфа»



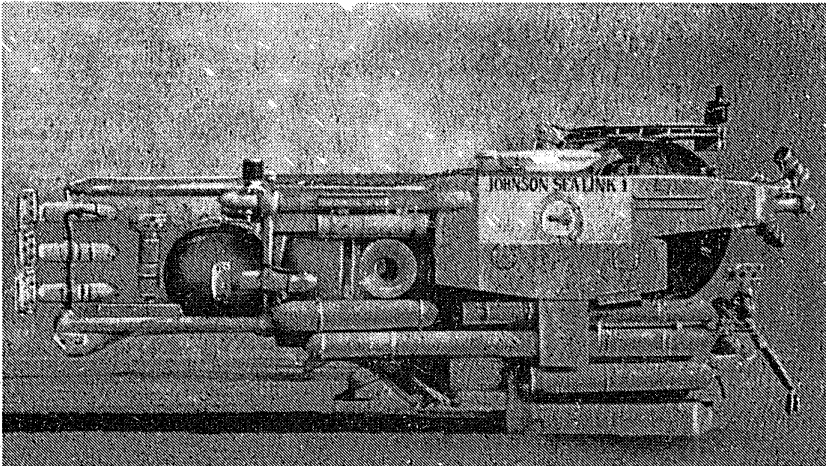
«Бен Франклин»



«Архимед»



«Пайсис»



«Джонсон Си Линк»

В 1977 г. аппарат «Моана», предназначенный для эксплуатации на нефтепромыслах в Северном море, выполнял показательные погружения в районе Марселя. Экипаж аппарата состоял из четырех человек — двух операторов и двух инженеров.

При одном из погружений рубочный люк оказался неплотно закрытым, в прочный корпус проникла вода, и аппарат затонул на глубине 40 м. Оба оператора спаслись методом свободного всплытия. Один из инженеров пытался последовать их примеру, но из-за отсутствия опыта погиб. Второй инженер остался в аппарате в воздушной подушке под подволоком и был спасен водолазами обеспечивающего судна.

«Си Проуб» (США)

Водоизмещение, т	1,4
Глубина погружения, м	2400
Скорость подводная, уз	1—3

Весной 1978 г. в районе мыса Код затонул и был утерян на глубине 980 м необитаемый управляемый по кабелю аппарат «Си Проуб». Погружение аппарата осуществлялось через центральную шахту обеспечивающего судна «Алкоа Си Проуб» посредством наращивания бурильных труб, выполнявших функцию троса.

При очередном погружении труба не выдержала непредусмотренной нагрузки, и «Си Проуб» затонул. Осмотр места обрыва трубы показал, что причиной аварии был дефект материала. Сообщений о поиске и подъеме аппарата в печати не появилось.

PC-1602 (США)

Водоизмещение, т	15
Глубина погружения, м	910
Скорость подводная, уз	2,5
Автономность по средствам жизнеобеспечения, ч	120
Экипаж, чел.	4

В ноябре 1980 г. подводный аппарат со шлюзовым отсеком PC-1602 выполнял в Средиземном море съемку трассы трубопровода между Ту-

нисом и Сицилией. Обеспечивающим было судно «Регно Дью».

Продвигаясь вдоль трубопровода на глубине 530 м, аппарат намотал на винт конец синтетического троса. Как выяснилось позднее, другим концом трос уходил под трубопровод и крепился к мертвому якорю (металлической бочке, заполненной бетоном). Все попытки аппарата самостоятельно вырваться из «плена» успеха не имели. Продувка дифференциальной системы ни к чему не привела — трос прочно удерживал PC-1602 у грунта.

Для освобождения аппарата с обеспечивающего судна спустили рабочую камеру с манипулятором, оборудованным резаком (вращающимся диском с гидроприводом). Выход рабочей камеры на аварийный аппарат не составил труда, поскольку на PC-1602 были включены светильники. Они сразу же были обнаружены операторами рабочей камеры, как только камера достигла грунта. Перемещаясь вокруг PC-1602, операторы исследовали обстановку. На грунте виднелся след, свидетельствовавший о том, что аппарат волоком на протяжении 6—8 м тащил за собой зацепленный мертвый якорь, пока он не застрял под трубопроводом.

После того как трос был перерезан, аппарат всплыл на поверхность и был поднят на палубу «Регно Дью».

Аварии сверхмалых подводных лодок

В период, предшествовавший второй мировой войне, Италия явилась инициатором создания подводных диверсионных сил — боевых пловцов, торпед, управляемых пловцами-водителями, и, наконец, сверхмалых подводных лодок. Эффективность их была достаточно высокой. Показательно в этом плане учение с участием управляемых торпед, описанное командующим десятой флотилией MAC (соединением подводных

диверсионных сил ВМФ Италии) адмиралом Боргезе [6]. Целью учения было скрытное подсоединение подрывных зарядов к днищу итальянского линкора «Джулио Чезаре». Линкор стоял на якоре близ Специи в бухте Вариньяно, окруженный противолодочными сетями, которые, являясь обычной защитой от возможных торпедных атак противника, приближали учение к условиям реальной боевой обстановки. Водители торпед сумели подсоединить заряды к днищу линкора незаметно для экипажа, хотя командование и вахтенные были предварительно предупреждены о цели учения, и элемент внезапности отсутствовал.

Сверхмалые подводные лодки активно использовались флотами Италии, Японии, Германии и Англии в период второй мировой войны. Идея создания этих лодок (как и других «малых» средств, скрытно доставляемых в район нанесения удара по кораблям противника) была, по существу, возрождением идеи уравнивания линейных сил, возникшей еще до первой мировой войны во флоте кайзеровской Германии [24]. Другими словами, этими средствами Италия, Япония и Германия рассчитывали добиться уравнивания своих надводных сил с флотами Англии и США в ходе войны. Пример, как часто бывает, оказался заразительным, — сверхмалые подводные лодки появились и в Англии. Соединенные Штаты ограничились изучением «малых» средств, захваченных у противника [24].

В послевоенные годы сверхмалые лодки получают все большее развитие. В октябре 1955 г. в США спускают на воду первую сверхмалую лодку «Минисаб» (длина 15,2 м), а вскоре вторую «Марк IV» (длина 4,7 м). В 1954—1955 гг. английская фирма «Виккерс Армстронг» построила серию сверхмалых лодок типа «Х» (длина 16,1 м). Такие же попытки предпринимались Францией, ФРГ и другими странами. Вообще можно сказать, что сверхмалые лодки периода второй мировой войны

явились прообразом будущих подводных аппаратов.

«Зеехунд» (Германия)

Водонизмещение,	21
Длина, м	12,2
Глубина погружения, м	76
Экипаж, чел.	2

Сверхмалые лодки этой серии использовались в районе Па-де-Кале, устьев Темзы и Шельды в конце второй мировой войны.

Прочный корпус «Зеехунд» двумя переборками делился на три отсека. В первом отсеке размещались аккумуляторные батареи, во втором — экипаж, в третьем — гребной электродвигатель и дизель. Имелись носовая, кормовая цистерны главного балласта и дифференциальная цистерна.

Лодка обладала высокой маневренностью. Время погружения ее было рекордным, что имело исключительное значение для уклонения от атак авиации. На полном ходу заполнялась носовая балластная цистерна, и «Зеехунд» буквально ныряла под воду. Через 5—7 с она оказывалась уже на глубине 5 м. Лодка реагировала на малейшее перемещение груза внутри корпуса: достаточно было командиру и бортинженеру наклониться немного вперед на своих сиденьях, чтобы лодка приобрела положительный дифферент.

«Зеехунд» можно увидеть и сегодня. Лодка, затопленная в районе Дюнкерка, была поднята после войны французами и впоследствии выставлена в морском музее в Париже.

Попробуем «выйти» на «Зеехунд» в Северном море. Вот как описывает один из таких выходов ее бортинженер. «...Около 10 часов утра туман рассеялся, и мы, ведя наблюдение из крохотной боевой рубки «Зеехунд», были скорее удивлены, чем напуганы открывшимся нашему взору зрелищем. На расстоянии около 2000 м мы заметили эсминец, который так же, как и мы, лежал в дрейфе...

¹ Seehund — морская собака.

на эсминце делали приготовления, затем эсминец неожиданно дал полный вперед, и матросы на корме стали сбрасывать глубинные бомбы. Сначала на воде появились белые круги, затем вверх поднялись водяные стобы грибовидной формы, и почти одновременно с этим раздалась три взрыва... Эсминец сразу же застопорил ход и снова лег в дрейф, видимо, прослушивая глубину. Мы обсуждали, как незаметно приблизиться к нему, поскольку было уже совсем светло: Вдруг совершенно неожиданно эсминец тронулся с места, развернувшись так, что нам осталась видна лишь его палубная надстройка над высоким пенным бурном. Он шел прямо на нас, он нас заметил! Мы погрузились и отошли в сторону. Через пять минут начали рваться первые бомбы... Меня ударило о борт, свет погас, кругом все трещало и скрипело, внутрь лодки прорвалась вода...

Я включил аварийный свет. Вода в лодке прибывала, амперметры и вольтметры были сорваны, магнитный компас лежал разбитый рядом с моим сиденьем. Манометр... вышел из строя и показывал то, что ему заблагорассудится. В довершение ко всему наша лодка вдруг опрокинулась на бок и покатила по грунту. Сначала нам показалось, что кто-то зацепил ее тросами или сетью и тянет, как огромную рыбу. Лодка переворачивалась и тряслась, билась о камни, подпрыгивая, и с грохотом катилась по морскому дну. Но — о чудо! — эсминец не реагировал. Новой атаки глубинными бомбами не последовало. Вне всякого сомнения, нас подхватило глубинное течение, в то время как нашего преследователя, может быть, поверхностным течением уносило в противоположную сторону... Во всяком случае, я понял, что мы можем использовать тащившее нас течение для того, чтобы, соответственно меняя положение рулей, всплыть по инерции на поверхность. Мы одновременно схватились за рычаги, но нас ждало новое разо-

лись, рули заклинило. Следовательно, мы ко всему прочему потеряли управление.

Полтора часа, обливаясь потом, я работал в тесном отсеке и под конец совсем измучился. Обнаружив, что мой руль был в порядке, а вышел из строя руль командира, я решил разъединить рули. Теперь, хотя и с большим трудом, мой руль поворачивался. Между тем глубинное течение кончилось. Лодка неподвижно лежала на грунте. Если бы теперь оказалось, что установка со сжатым воздухом вышла из строя или балластные цистерны получили такие повреждения, что будут пропускать воздух, то это могло означать лишь, что мы пригвождены к морскому дну и обречены на гибель.

Я приступил к продуванию цистерн. «Зеехунд» не подвела нас. Она начала стремительно всплывать, и мы, как в лифте, стали подниматься. Вся вода, набравшаяся в лодку, устремилась в кормовые отсеки, так что лодка всплыла почти в вертикальном положении» [4, с. 196].

На этот раз обошлось без потерь. Но были и катастрофы, и главное — не боевые. Вот, например, одна из них.

Война подходила к концу. В канун Нового года восемнадцать «морских собак» отправились на задание. Из всей этой группы только две лодки возвратились в базу, остальные пропали без вести. Вернувшиеся экипажи рассказали, что они попали в сильнейший шторм. Позднее пришли к заключению, что именно шторм явился причиной гибели сразу шестнадцати лодок «Зеехунд».

«Миджит Сабмэрин» (Англия)

Водоизмещение, т	30
Длина, м	16
Глубина погружения, м	50
Экипаж, чел.	3—4

Основу диверсионно-штурмовых средств английского флота в период второй мировой войны составили

жит Самбэрин»¹ типа «Х» и «ХЕ». «Мошка» серии «Х», основные данные которой приведены выше, состояла из трех секций, скреплявшихся с помощью болтов, что значительно упрощало сборку и транспортировку. Прочный корпус тремя переборками делился на четыре отсека. Первый из них был отсеком управления, второй — водолазным, в третьем размещались аккумуляторные батареи, в четвертом располагалась гребная установка.

Лодки «ХЕ» имели примерно те же габариты и водоизмещение. Но четыре отсека их располагались по-иному [8].

Экипажи «мошек» проходили обучение в базе Лох-Стривенс (Шотландия) в 1942—1943 гг. Во время одного из учебных походов Х-3 попала в аварию, чуть не закончившуюся гибелью экипажа, состоявшего из трех человек. При выполнении срочного погружения в результате неисправности воздушного клапана заборная вода устремилась в третий отсек. Опытный инструктор Лоример, исполнявший роль командира лодки, приказал продуть балластные цистерны, но необходимого для этого гаечного ключа не оказалось на месте. Лодка погрузилась на 30 м. Вода затопила аккумуляторную батарею, освещение отключилось, стал выделяться сернистый газ. Остался единственный путь спасения — выход экипажа через шлюзовую камеру.

Все перешли в водолазный отсек, захватив кислородные приборы. Лоример открыл впускной клапан водяной магистрали.

«Торопиться не следует, — спокойно объяснил Лоример. — Для того чтобы уравнились давление воздуха в камере и давление водяного столба над нашей лодкой, должно пройти сорок минут. Еще при свете я заметил, что приборы показывали глубину тридцать метров.

давит с силой четыре атмосферы... Когда давление воздуха в отсеке достигнет четырех атмосфер, мы легко сможем поднять крышку. Ты, Гэй, пойдешь первым, за тобой пойдет Лэйтис, а я пойду последним. Укрепите свои кислородные приборы и не забудьте постепенно регулировать редукционный клапан. Приблизительно через каждые пять минут я вас буду хлопать два раза по плечу. Это значит, что вы должны увеличить давление. Ну ладно, до встречи наверху. Надеть маски!» [8, с. 84].

Тишину нарушало только бульканье медленно прибывающей воды. Периодическое похлопывание по плечу напоминало, что командир рядом. Через полчаса люк удалось открыть, и один за другим все трое всплыли на поверхность. Сразу же они были обнаружены спасательной лодкой, посланной из базы для поиска.

Прошло меньше месяца, и в той же базе Лох-Стривен потерпела аварию другая «мошка» — на этот раз Х-4. Вечером в декабре 1942 г. она отправилась в учебный поход с экипажем, как было принято, из трех человек. Ночью, когда Х-4 шла в надводном положении, погода резко ухудшилась, и стало сильно штормить. Командир лодки Плейс находился в носовом отсеке у пульта управления, а механик Уитли — у аккумуляторов. Третий член экипажа, гардемарин Томас, открыв крышку люка в водолазном отсеке, высушившись из него, вероятно, выше пояса, вел наблюдение. Во всяком случае, его смыло волной. В следующее мгновение отсек был затоплен, и Х-4 стала быстро погружаться. Плейс и Уитли находились по разные стороны затопленного отсека и могли только догадываться о случившемся. Откачать воду было невозможно, так как крышка люка оставалась открытой. Переговариваться между собой Плейс и Уитли не могли, ибо связи между отсеками лодки не было. Х-4 приняла вертикальное положение и как бы стояла на грунте на гребных винтах, больше не по-

¹ Midget — миниатюрный предмет, мошка.

гружаясь. Нос ее, к счастью, торчал над водой. Спустя два часа он-то и был замечен патрульным катером, который отбуксировал лодку на более мелкое место. Плейс и Уитли были спасены, гардемарин погиб.

Несчастный случай с гардемарин-ном заставил конструкторов установить у люка небольшие ограждения, за которые в штормовую погоду мог бы держаться наблюдатель.

В сентябре 1943 г. шесть лодок серии «Х» приняли участие в ответственной операции в качестве главной ударной силы. Им надлежало подорвать три немецких линкора — «Тирпиц», «Шарнхорст» и «Лютов», — укрывшихся «за семью замками» в Альтен-фьорде (Норвегия). Обнаружили их английские самолеты, действовавшие с советской территории. Только «мошки» могли преодолеть закрывавшие входы в фьорд минные поля, поднырнуть под противолодочные и противоторпедные сети и незаметно установить под корпусами линкоров контейнеры с аммотолом. По две тонны взрывчатки в каждом контейнере, два контейнера под каждым линкором!

«Мошки» буксировались в исходный район океанскими подводными лодками, ночью — надводным, днем — подводным ходом на глубине 15 м, используя стометровые буксирные концы. Для всплытия на

поверхность лодка-буксир подавала «миджит» (условный сигнал) — сбрасывала три небольшие глубинные бомбы с интервалом в 10 с. Взрыв их был слышен только в ограниченном районе.

16 сентября командир «Сиртис», буксировавшей Х-9, подал очередной сигнал на всплытие. Время шло, но «мошка» не появлялась. Обеспокоенный командир приказал проверить буксирный конец. Он был разорван! «Сиртис» легла на обратный курс и в надводном положении приступила к поиску. Но он результатов не дал. Судьба Х-9 так и осталась неизвестной.

Позднее, вечером 21 сентября, Х-10, благополучно преодолев минные поля, вошла в Альтен-фьорд. Лодка находилась всего в пяти милях от «Шарнхорста», когда командир вынужден был заняться ремонтом двигателя из-за перебоев в его работе. Ночью, погрузившись на небольшую глубину, экипаж приступил к ремонту. За одной неприятностью, как это часто бывает, последовала другая — короткое замыкание в силовой части. Обнаружилось также, что поврежден и затоплен водой один из контейнеров со взрывчаткой. Пришлось отказаться от выполнения задачи, и Х-10 ушла к месту встречи с лодкой-буксиром. На этот раз атака не удалась.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ И ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ



Под безопасностью подводного аппарата в зарубежной технической литературе понимают его способность безаварийно работать в небоевой обстановке при воздействии следующих негативных факторов [68, 71]: ошибок при проектировании и строительстве аппарата, несогласованности характеристик человека и техники в системе, оператор — аппарат — среда, недостаточной прочности и герметичности обитаемого отсека, недостаточной надежности и живучести системы жизнеобеспечения, недостаточной надежности и живучести системы плавучести и балласта, недостаточной надежности и живучести других систем и оборудования аппарата, некачественного отбора экипажа аппарата, ошибок экипажа, недостаточной надежности спуско-подъемных устройств и другого обеспечивающего оборудования, воздействия неблагоприятных внешних факторов при глубоководных погружениях (подводных течений, скачков плотности, мутьевых потоков и других), некачественного планирования и обеспечения погружений.

Отметим, что приведенное толкование безопасности погружений аппаратов во многом совпадает с толкованием безопасности космических полетов [5].

Конструктивные меры обеспечения безопасности

Морское технологическое общество (США) рекомендует объединение систем подводного аппарата в сле-

дующие группы, расположенные по степени их влияния на безопасность и надежность этого средства: 1) системы, обеспечивающие безопасность аппарата и его экипажа (обеспечивающие возвращение на поверхность после погружения); 2) системы, обеспечивающие выполнение аппаратом поставленной перед ним задачи (надежность); 3) системы, не имеющие решающего значения для обеспечения безопасности и надежности аппарата.

Последовательность расположения групп в перечне определяет, по мнению Общества, предпочтение, которое должно отдаваться той или иной системе аппарата при его проектировании, строительстве и эксплуатации. В соответствии с этим больше внимания должно уделяться, например, техническому обслуживанию систем переменного балласта (системе главного балласта, уравнильной системе, твердому сбрасываемому балласту), чем уходу за ртутной дифференциальной системой. При приемке навигационного оборудования более тщательно должна быть проверена надежность, например, гидролокатора по сравнению с доплеровской навигационной системой и т. д.

Вполне естественно использовать такой подход и для определения порядка изложения дальнейшего материала о конструктивных мерах обеспечения безопасности, принятых в различных системах подводного аппарата. Итак, перейдем к существу вопроса.

Прочный корпус

Прочный корпус, предназначенный для размещения экипажа, электронного и некоторого другого оборудования обитаемого подводного аппарата, является его основным конструктивным элементом. В процессе эксплуатации он подвергается воздействию огромных гидростатических давлений, влиянию перепада температур, вибрации, ударам о грунт, коррозии, воздействию микроорганизмов и т. д.

Решающее требование, определяющее выбор формы корпуса, — обеспечение минимальной массы при заданных объеме и прочности. Прочный корпус может быть сферическим, эллипсоидальным, цилиндрическим с полусферическими оконечностями или состоять из нескольких сфер, соединенных цилиндрическими переходами. Сферическая форма прочного корпуса обеспечивает минимальное соотношение его массы и объема. При одинаковых водоизмещении, рабочей глубине погружения и материалах масса прочного корпуса сферической формы на 15 % меньше, чем масса цилиндрического. Кроме того, сферическая конструкция корпуса обладает наибольшей устойчивостью и принципиально не требует подкреплений.

Конструкции, состоящие из нескольких соединенных между собой тел вращения, создаются при необходимости увеличения полезного объема для размещения экипажа и аппаратуры без значительного увеличения диаметра прочного корпуса. Как правило, в этом случае носовая сфера является отсеком управления, а остальные — энергетическим, водолазным и другими.

Прочный корпус, предназначенный для экипажа, может быть выполнен в виде модуля, способного в случае аварии отделяться от несущей рамы аппарата с остальным оборудованием и самостоятельно всплывать на поверхность. Так, прочный сферический корпус аппарата «Элвин» освобождается при

аварии от несущей конструкции и легкого корпуса посредством отдачи креплений в нижней части сферы и благодаря своей положительной плавучести устремляется к поверхности. Отсоединение выполняется вручную силами экипажа из прочного корпуса посредством поворота оси механизма отдачи. Для устранения возможности заедания трущихся деталей привода механизма отдачи одна из соприкасающихся поверхностей каждой взаимодействующей пары имеет вставки из фосфористой бронзы. Отдача и аварийное всплытие прочного корпуса с экипажем предусмотрены также на аппаратах «Си Клиф» и «Тартл».

В прочном корпусе аппарата всегда имеется ряд вырезов и отверстий различных форм и размеров. К ним относятся люки для экипажа, грузовые люки, иллюминаторы, отверстия для электрокабелей и трубопроводов, гидравлических и пневматических устройств. Повреждение этих элементов может привести к таким же критическим последствиям, как и повреждение основных конструкций прочного корпуса. При проектировании, изготовлении и эксплуатации прочного корпуса аппарата следует тщательно учитывать влияние отклонений от точной геометрии формы, концентрацию напряжений в районе вырезов и усиленных шпангоутов, герметичность уплотнений вводов.

Для обеспечения безопасности экипажа предусматривается программа испытаний прочного корпуса. Следует особо подчеркнуть, что окончательная оценка максимальной рабочей глубины погружения прочного корпуса аппарата основывается, как правило, не на анализе расчетов прочности конструкции, а именно на результатах проверочных испытаний [71].

Применение новых материалов наряду с созданием оптимальных конструкций прочных корпусов подводных аппаратов позволяет существенно увеличить рабочие глубины погружения. Для этой цели выбира-

ют материалы, имеющие высокую удельную прочность (отношение предела текучести к плотности материала) и другие высокие характеристики, например ударную вязкость, усталостную прочность, пластичность, свариваемость, обрабатываемость, коррозионную стойкость в морской воде и т. д. Чаще всего при постройке современных аппаратов в качестве материалов для прочного корпуса используют высокопрочные стали, реже — титановые, затем алюминиевые сплавы и стеклопластики. Для большинства построенных и строящихся американских аппаратов основным конструкционным материалом являются стали марок НУ-80 и НУ-100, технология производства и обработки которых наиболее освоена. Прочные швы корпусов подвергаются стопроцентной рентгено- и ультразвуковой дефектоскопии, которые позволяют выявить раковины и другие дефекты.

Корпуса некоторых аппаратов изготавливают из сплавов на основе титана с добавкой алюминия, молибдена, ванадия, хрома, марганца, железа, олова и других элементов. Они обладают плотностью $4,5 \text{ т/м}^3$ и в 1,8 раза большей удельной прочностью по сравнению со сталью, более низким коэффициентом линейного расширения, высокой коррозионной стойкостью и маломagnetностью. При модернизации аппарата «Элвин» его стальной сферический прочный корпус был заменен корпусом из титанового сплава, что увеличило рабочую глубину погружения до 3600 м, т. е. вдвое по сравнению с тем, что было раньше. В результате аналогичной модернизации аппаратов «Си Клиф» и «Тартл» их рабочая глубина увеличилась до 6000 и 3600 м соответственно.

Корпуса аппаратов, изготовленных из титановых сплавов, благодаря высокой удельной прочности этого материала имеют меньшую массу, чем стальные аналогичных размеров, а следовательно нести большую полезную нагрузку. Однако еще более легким, чем титан, мате-

риалом, пригодным для изготовления прочных корпусов, являются алюминий и его сплавы. Известно, что прочный корпус «Алюминаута» изготовлен из алюминиевого сплава 7079-T6. Конструкция корпуса цилиндрической формы с полусферическими оконечностями собрана из обечаек, которые после штамповки подвергались механической обработке до необходимой точности, а затем соединялись друг с другом с помощью болтов и клея. Кормовая и носовая оконечности прочного корпуса были изготовлены и соединены с обечайками аналогичным образом.

Но все же сложность выполнения прочных сварных соединений, низкий модуль упругости алюминиевых сплавов привели к тому, что в США и других странах интерес к изготовлению прочных корпусов из этих материалов заметно снизился.

Все большее внимание проявляется к неметаллическим конструкционным материалам — гомогенным или композитным. Два аппарата с прочными корпусами из стеклопластика для работы в Северном море на нефтепромыслах построила английская фирма «Виккерс». В этих аппаратах теплее, чем в металлических, внутренняя поверхность отсеков из стеклопластика меньше «отпотевает» из-за конденсации влаги. А ведь именно от переохлаждения погибли два акванавта в аппарате «Джонсон Си Линк». Напомним, что температура воды в океане с увеличением глубины постепенно понижается (за исключением поверхностного слоя) и в глубинных слоях независимо от района Мирового океана устанавливается в пределах от $-1,5$ до $+2,0^\circ\text{C}$. Стеклопластик, обладающий меньшей плотностью по сравнению с металлами, имеет к тому же высокую удельную прочность (в три раза выше, чем у стали, и в два раза, чем у титановых сплавов). К преимуществам стеклопластика относятся также высокая коррозионная стойкость, хорошие антимагнитные свойства и др. Даль-

нейшая разработка этого материала идет в направлении выяснения причин снижения прочностных характеристик и возникновения усталостных явлений при нахождении его в морской воде под большим давлением.

Стекло имеет наибольшую удельную прочность по сравнению с другими конструкционными материалами, применяемыми в аппаростроении, прекрасно работает на сжатие. Немалое значение имеет и прозрачность этого материала. Известны положительные результаты применения стекла при строительстве аппаратов зарубежными фирмами. Для ВМС США построен аппарат «Дип Вью» со стеклянной передней полусферой прочного корпуса. В 1975 г. построен аппарат «Джонсон Си Линк II» (США) с носовым сферическим прочным корпусом из акрила. В 1977 г. западногерманской фирмой «Брукер физик» построен аппарат «Мермэйд IV» с носовой прозрачной полусферой из акрилового стекла. Отличные условия для визуального наблюдения экипажем окружающей обстановки — существенное преимущество этих аппаратов перед конструкциями из непрозрачных материалов. К сожалению, стекло как материал для прочных корпусов обладает все же недостаточно высокими ударной вязкостью и прочностью на изгиб. Кроме того, изготовление из стекла конструкционных деталей — достаточно сложный технологический процесс.

Еще две очень сложные проблемы встают перед конструктором подводного аппарата — коррозия и воздействие морских организмов.

Процент кислорода, растворенного в морской воде, играет решающую роль в развитии коррозии. Действие волн на поверхности океана создает насыщенный и даже перенасыщенный раствор кислорода. С увеличением глубины концентрация кислорода снижается и в некоторых придонных слоях падает до нуля. Соли, выделяющиеся из раз-

личных материковых пород, придают морской воде специфический состав, который сохраняется относительно стабильным. Соли в значительной степени способствуют коррозии металлических конструкций, и лишь очень немногие материалы выдерживают длительное пребывание в морской воде, не разрушаясь при этом. Кроме того, определенное влияние на скорость протекания коррозии оказывают гидростатическое давление и температура среды.

Обычно конструкции, попавшие в морскую воду, становятся также объектом нападения различных прикрепленных (сидячих) биологических форм. Известны случаи, когда кабели, трубопроводы и другие плавающие предметы буквально провисали или тонули под тяжестью поселившихся на них беспозвоночных. Морские организмы залезают в отверстия, набиваются в механические части и даже пожирают некоторые детали за очень короткое время. Специальные покрытия для подводных конструкций в какой-то степени ограничивают коррозию и обрастание морскими организмами. Однако большинство таких покрытий имеют лимитированный срок действия. Некоторые биологические формы могут прикрепляться практически к любой окрашенной поверхности и интенсивно разрушают целостность защитного покрытия, истирая его, просверливая отверстия, ускоряя тем самым химические реакции и в том числе коррозию конструкции.

На протяжении всего срока службы аппарата следует строго по расписанию производить его осмотр. В такой осмотр входят: визуальный осмотр всего корпуса; а также корпусных вводов электрокабелей, трубопроводов и механических устройств, иллюминаторов, люков, сварных швов, болтовых соединений с уплотнениями, подъемных планов с проушинами и др.; испытание сварных швов и всех отверстий в корпусе; проверка сферичности (или другой геометрической формы) прочного корпуса.

В сообщениях об условиях и результатах эксплуатации аппарата должны быть подробные данные, по которым можно судить, продолжает ли аппарат функционировать как надежная водонепроницаемая система.

Система изменения плавучести

При разработке обычных подводных лодок необходимая плавучесть достигается, как правило, за счет объема прочного корпуса. Конечно, это возможно лишь потому, что масса единицы объема прочного корпуса лодки меньше плотности воды. В аппаратах же это не всегда возможно выполнить. Если указанное соотношение не выполняется, то для получения положительной плавучести используются легкие (легче воды) заполнители с незначительным коэффициентом сжатия, помещенные в емкости вне прочного корпуса. Иногда заполнитель применяют и в случае, когда прочный корпус аппарата даже несколько легче вытесняемого им объема воды. Назначением заполнителя при этом является компенсация массы размещенного, например, вне прочного корпуса оборудования (в противном случае объем прочного корпуса пришлось бы увеличить). Иногда при «легком» прочном корпусе предусматривается тяжелый балласт (аналогично свинцу в киле судна).

Приведем некоторые примеры обеспечения необходимой плавучести. В аппарате «Элвин», прочный корпус которого обеспечивает положительную плавучесть, заполнитель (синтетический материал с включенными в него полыми титановыми сферами) служит для компенсации массы аккумуляторных батарей и другого наружного оборудования. В батискафе «Триест-2», имеющем «тяжелый» сферический корпус-гондолу, роль заполнителя выполняет бензин (около 130 тыс. л), размещенный в огромном поплавке из тонких металлических листов. Конечно, такой заполнитель взрывоопасен.

Компанией «Локхид» получен безопасный заполнитель в виде полых, склеенных синтетическим клеем, стеклянных микросфер, обеспечивающий положительную плавучесть и пригодный для использования на аппаратах с рабочей глубиной до 6000 м [30]. Такого рода заполнитель применен, например, в модернизированных аппаратах «Си Клиф» и «Тартл» в блоках заборного оборудования для достижения дополнительной положительной плавучести.

Итак, прочный корпус и заполнитель в целом решают задачу приобретения аппаратом нужной плавучести. Но этого мало. Аппарат должен еще уметь погружаться, корректировать глубину погружения в процессе работы и всплывать на поверхность. Для этого служит система изменения плавучести. Она не всегда одинаково выполнена на различных аппаратах, но по существу сводится к следующим компонентам. Погружение на рабочую глубину и всплытие аппарата на поверхность обеспечивает система цистерн главного балласта. Для точной балансировки аппарата на рабочей глубине, компенсации изменения плотности воды, изменения нагрузки (в случае, например, если аппарат поднимает манипулятором какой-либо тяжелый предмет с грунта), а также для коррекции глубины в процессе работы служит уравнительная система водяного балласта. В батискафах «Триест-2» и «Архимед» нужная плавучесть достигается соответствующим изменением объема бензина в поплавке или веса железной дробы, удерживаемой электромагнитами в специальных бункерах. Система отдачи дробы из бункеров для регулирования глубины погружения применяется также в аппаратах «Алюминаут», «Дип Квест», ДОВБ.

Дифференцировка аппарата осуществляется дифферентной системой, суть работы которой состоит в перекачке насосом воды (или ртути) из носовой цистерны системы в кормовую или наоборот. Такую систему имеют не все аппараты.

Иногда ее роль выполняет уравни-
тельная система (например, в аппара-
те «Пайсис»).

Но все же основное внимание
уделяется безотказности всплытия
аппарата на поверхность. В любых
аварийных ситуациях всплытие на
поверхность, обеспечиваемое нор-
мальным функционированием бал-
ластной системы, должно выполняться
экипажем неукоснительно. Вот
что по этому поводу пишет К. До-
нальд, участник погружений батис-
кафа «Триест-2» в Атлантическом
океане: «На большой глубине малей-
шая неисправность может оказаться
роковой. Мы контролируем наш
спуск, непрерывно следим за пока-
заниями приборов и при любой не-
исправности готовы освободиться от
всего балласта и прервать погруже-
ние» [67, с. 770].

Интересен в том же смысле рас-
сказ акванавта А. Рулева об ава-
рийной ситуации, сложившейся во
время погружения аппарата «Пай-
сис» в Черном море, закончившейся
срочным возвращением на поверх-
ность.

«— У меня что-то сыро стало! —
вдруг нарушает молчание Карпович.

Действительно, на подушках, где
он лежит, образовалась маленькая
лужица. Воду из лужицы пробую
на вкус, только так можно отличить
морскую воду от конденсата, кото-
рым покрыт изнутри прочный корпус,
и сразу узнаю привычный горькова-
то-соленоватый вкус черноморской
воды.

— Соленая... — сообщаю не со-
всем уверенно.

— Может быть, руки потные, —
предполагает Сагалевиц.

Втроем, как по команде, тща-
тельно вытираем руки и пробуем
еще раз. Теперь сомнения не может
быть: нарушена герметичность оби-
таемой сферы. Привычно и быстро
выполняем все операции, необходи-
мые для всплытия. Мы их долго
отрабатывали во время имитаций
погружений на суше и много раз
проигрывали в море. На высоких
тонах запела носовая станция и нача-

ла отбивать ритм, облегчая с
каждым ударом наш аппарат на
несколько килограммов.

Место течи отыскиваем быстро.
Им оказался кабельный ввод. Пуль-
сирующая тоненькая струйка не
представляет большой опасности, но
правила требуют немедленного
всплытия. Ведь никто не знает,
как поведет себя гермоввод на боль-
ших глубинах» [32, с. 36].

Безотказность всплытия аппарата
на поверхность обеспечивается ря-
дом конструктивных решений. Если
перечисленные выше компоненты
системы изменения плавучести по
какой-либо причине не сработали
или если действие их в какой-либо
аварийной ситуации оказалось не-
достаточным, то для всплытия аппа-
рата предусматривается сбрасыва-
ние аварийного балласта. Но снача-
ла об упомянутых компонентах.

Система главного балласта вклю-
чает, как правило, несколько цис-
терн, которые для всплытия аппарата
продуваются сжатым воздухом. На
аппарате ЛЕО-1 таких цистерн
три. При этом воздух для их продув-
ки подается в каждую цистерну
раздельно. Это исключает, например,
напрасный расход сжатого воздуха
в случае повреждения одной из них.
Запас сжатого воздуха достаточен
для продувки цистерн на максималь-
ной рабочей глубине.

Цистерны уравнительной систе-
мы, используемой главным образом
в придонном слое, осушаются насоса-
ми, обеспечивающими необходимое
на максимальной рабочей глубине
давление. В аппарате ЛЕО-1 насос
изготовлен полностью из некорроди-
рующих материалов. Для обеспече-
ния максимальной безопасности в
уравнительной системе этого аппа-
рата все клапаны приема воды
в цистерны дублированы установлен-
ными последовательно блокировоч-
ными запорными клапанами. Кроме
того, в линии подачи воды в цистер-
ны установлены аварийные запорные
клапаны, которые перекрывают ли-
нию автоматически в том случае,
если расход воды через клапан

превысит заранее заданный уровень. Уравнительная система аппарата ЛЕО-1 имеет еще одну интересную особенность, повышающую его безопасность: максимально снижен объем, который может быть залит водой в случае аварии в системе.

В нормальных эксплуатационных условиях аппарат всплывает с рабочей глубины на поверхность вследствие осушения (обычно насосом) цистерн уравнительной системы. В некоторых аппаратах уравнительные цистерны отсутствуют (например, в батискафах, в «Алюминауте» и др.), и та же цель достигается сбросом из бункеров железной дробы. Поясним вкратце устройство сброса дробы. Нижняя часть бункера имеет конусообразную форму, концевое отверстие его контролируется электромагнитным клапаном. В обмотку электромагнита подается постоянный ток, дробь намагничивается и образует пробку. При выключении электропитания магнита дробь высыпается из бункера. В схеме клапана предусматривается изменение полярности питающего тока для размагничивания дробы с целью предотвращения слипания ее в комки.

Для повышения скорости всплытия с рабочей глубины продуваются цистерны главного балласта.

В случае экстренного всплытия или отказа системы цистерн главного балласта и уравнительной системы предусмотрен сброс твердого аварийного балласта. Выполняется это вручную из обитаемого отсека. В конструкции аппарата ЛЕО-1 твердый балласт представляет собой свинцовые блоки, уложенные в специальные бункеры. Аналогичный отдаваемый свинцовый балласт предусмотрен на аппаратах «Элвин», «Алюминаут», «Дип Стар», «Си Клиф», «Тартл». Масса аварийного свинцового балласта зависит, разумеется, от типа аппарата и колеблется в довольно широких пределах. Так, масса этого балласта в аппаратах «Тартл», «Си Клиф» и «Элвин» составляет 45 кг, а в аппарате ЛЕО-1, имеющем примерно такие же

габариты,— 408 кг [59]. Не зря, видимо, зарубежная печать сообщает, что при разработке аппарата ЛЕО-1 фирмой «Интернейшнл Хайдродайнэмикс» (США) особое внимание было обращено на надежность и безопасность и в первую очередь на способы возвращения аппарата на поверхность. Вообще все рабочие системы этого аппарата, как сообщается, выполнены по возможности простыми с обеспечением минимального времени управления ими, а наиболее ответственные из них продублированы или предусмотрены аварийные. В основу конструкции ЛЕО-1 положен десятилетний опыт эксплуатации аппаратов типа «Пайсис». Все положительные качества этих аппаратов были сохранены фирмой в новой разработке, а особое внимание было уделено вопросам безопасности конструкции.

Роль аварийного балласта может выполнить и дробь, предназначенная для управления плавучестью. На батискафе «Триест-2», например, полный сброс дробяного балласта компенсирует потерю бензина в двух смежных отсеках поплавка (поплавков батискафа для повышения живучести разделен переборками на отсеки). При потере питания в электросети батискаф автоматически освобождается от всей дробы и всплывает на поверхность.

Вообще при аварии на подводных аппаратах может быть сброшен самый различный балласт. Может быть слита ртуть из дифференной системы, сброшен контейнер с аккумуляторной батареей, манипуляторы, двигатели и другое забортное оборудование. В той или иной степени все аппараты имеют такие возможности. Устройства сброса аварийного балласта рассчитаны на действие в любых условиях, при больших углах дифферента и крена. Как правило, они дублируются. Например, отдать балласт и аккумуляторную батарею на аппарате SP-3000 можно как с помощью гидравлической системы управления, так и вручную.

На аппаратах «Элвин», «Си

Клиф», «Тартл» и других слив ртути выполняется с помощью пороховых зарядов, воздействующих на клапаны трубопровода дифференной системы. Система отдачи аккумуляторной батареи на этих аппаратах построена таким образом, что при скольжении батареи вниз размыкаются электрические разъемы.

На аппарате ЛЕО-1 аварийный сброс двигателей и манипуляторов производится отдельной гидросистемой, давление в которой создается с помощью ручного насоса. Сам насос, запорные клапаны и резервуар с гидросмесью находятся внутри отсека управления.

Безопасность плавания вблизи грунта на большинстве аппаратов принципиально обеспечена уравнительной системой водяного балласта и вертикальными винтами. Однако часто во время погружений акванавты предпочитают пользоваться только водяным балластом. Причина этого заключается в следующем. Огромные площади дна Мирового океана покрыты известковым и кремниевым илом (на долю твердого грунта приходится не более 5 %). Нарушение целостности донного осадка, которое легко вызывается работой винтов и на которое практически не влияет работа системы водяного балласта, приводит к немедленному помутнению воды. Для того чтобы взвешенные в воде частицы снова опустились на дно, требуются иногда годы [75]. Из-за мельчайших размеров осадочных частиц и отсутствия у них опорной способности подводный аппарат может не только вызвать винтами образование мутной завесы, но и, будучи «ослепленным», потерять ориентировку относительно грунта, погрузиться в осадочный слой и оказаться неспособным к передвижению и всплытию. В эту «ловушку» на глубине 1080 м попал, например, «Триест» с Огюстом Пикаром и его сыном Жаком на борту, но все же сумел освободиться, сбросив почти весь запас дробы (в бункерах ее было 16 т).

Система жизнеобеспечения

Система жизнеобеспечения предназначена для поддержания нормальных условий работы экипажа внутри аппарата. Она представляет собой совокупность подсистем, выполняющих следующие функции: подачу кислорода, удаление углекислого газа, удаление запахов и вредных примесей с малыми концентрациями, регулирование температуры и влажности, аварийную подачу воздуха и др.

Наибольшее значение имеют подсистемы подачи кислорода, удаления углекислого газа и регулирования температуры и влажности.

Подсистемы могут быть автономными или комбинированными.

На зарубежных аппаратах применяют в основном подсистемы подачи сжатого кислорода из баллонов и удаления углекислого газа с помощью гидроокиси лития. Исключения составляют аппараты «Бен Франклин», на котором применен криогенный способ хранения кислорода, и «Стар-3», где воздух очищается от углекислого газа надперекисью калия.

Современные системы жизнеобеспечения подводных аппаратов работают в основном по разомкнутому циклу. Характерным для них являются наличие на борту аппарата запаса кислорода и других химических веществ, воды, продуктов питания и накопление отходов жизнедеятельности в специальных поглотителях и сборниках. Масса и объем таких систем пропорциональны численности экипажа и автономности аппарата.

Уменьшение массы и объема системы может быть достигнуто применением регенеративных принципов и замкнутого цикла. В таких системах пары воды из кондиционера, моча, мытьевая вода и вода из поглотителя углекислого газа обрабатываются и восстанавливаются до условий питьевой и мытьевой воды в подсистеме обработки воды. Часть воздуха из кондиционера направля-

ется через фильтр очистки от вредных примесей с активированным углем и каталитический фильтр для удаления примесей с малыми концентрациями. В кондиционере воздух осушается и охлаждается. Сконденсированные водяные пары поступают в подсистему обработки воды. Кислород восстанавливается в соответствующей подсистеме из углекислого газа физико-химическим способом.

Большую работу по созданию регенеративных систем замкнутого цикла ведет научно-исследовательский центр NASA (США, Ленглей) с привлечением авиакосмических и судостроительных фирм.

Создание систем, гарантирующих поддержание заданного газового состава и параметров воздуха, возможно лишь при наличии данных о количественных характеристиках и кинетике выделения вредных веществ в атмосферу аппарата. Морским технологическим обществом (США) разработаны рекомендации по обеспечению безопасности при проектировании систем жизнеобеспечения [71]. Рекомендации содержат, в частности, данные о предельно допустимых концентрациях вредных выделений в обитаемом отсеке.

Большое значение в обеспечении приемлемой газовой среды в обитаемом отсеке аппарата имеет борьба с выделениями вредных веществ путем устранения самого источника их поступления. Фирма «Локхид» (США), например, разработала и осуществляет программу контроля за применяемыми материалами от начальных стадий проектирования до постройки и эксплуатации аппарата. Программа предусматривает строгий отбор всех используемых материалов, лабораторные исследования материалов с неизвестными свойствами и т. д.

Дыхательная среда в обитаемом отсеке должна удовлетворять требованиям обмена веществ, необходимого для обеспечения деятельности экипажа не только в нормальных, но и в аварийных условиях. Аварийная система обеспечения дыхания долж-

на работать в течение времени, необходимого аппарату для всплытия на поверхность с максимальной рабочей глубины погружения или для устранения аварии на грунте. Желательно использовать аварийные дыхательные системы закрытого контура, которые исключают повышение давления в отсеке. В этом смысле применение автономных дыхательных аппаратов типа «скуба» (открытого контура) нецелесообразно.

Большинство зарубежных фирм считает, что для обеспечения безопасности подводных аппаратов их автономность по средствам регенерации дыхательной среды должна быть не менее 72 ч на каждого члена экипажа [20].

Опишем кратко системы жизнеобеспечения некоторых зарубежных подводных аппаратов.

SM-350 (Франция). Рабочая глубина 600 м, водоизмещение 26 т. Аппарат имеет водолазный отсек. Экипаж — 5 человек, в том числе 2 водолаза. По запасам кислорода жизнедеятельность экипажа обеспечивается в течение 5 дней. Кислород хранится в автономных баллонах вне прочного корпуса, разделенных на две подсистемы, построенные таким образом, что неисправность одной из них не влияет на работу другой.

Регенеративная установка, предназначенная для удаления CO_2 , состоит из вентилятора и регенеративных коробок с натронной известью, соединенных с вентилятором трубопроводами. В случае неисправности вентиляторов экипаж надевает маски, которые подсоединяются непосредственно к регенеративным коробкам. Воздух вдыхается из отсека, а выдыхаемый воздух проходит через натронную известь.

Подача гелиокислородной смеси в водолазный отсек и декомпрессия контролируются из отсека операторов. Баллоны с кислородом и с гелиокислородной смесью дублированы. Гелиокислородная смесь имеет подогрев.

Для поддержания нормальной температуры в обитаемых отсеках

применена теплоизоляция корпуса аппарата эпоксидной пеной с включенными в нее стеклянными микро-сферами и предусмотрен обогрев отсеков с помощью герметичных электрогрелок.

ЛЕО-1 (Канада). Система жизнеобеспечения состоит из емкостей с кислородом, кислородоподающего механизма, устройства удаления углекислого газа и газоаналитической аппаратуры. Общее время работы системы с учетом ее аварийного режима составляет 7 сут для экипажа из двух человек. Бортовой запас кислорода хранится в четырех баллонах, три из которых расположены вне прочного корпуса, а один, меньшего размера, — внутри обитаемого отсека. Кислород от забортных баллонов входит в отсек по двум независимым магистралям, а кислород от внутреннего баллона поступает непосредственно к кислородоподающему механизму. Малый баллон содержит рабочий расходный запас кислорода, а забортные используются лишь в аварийных случаях. Уровень подачи кислорода в отсек регулируется кислородоподающим механизмом, управляемым вручную.

Углекислый газ удаляет из отсека поглотительная установка, кассета которой заряжена гидроокисью лития. Расход воздуха через кассету обеспечивается вентилятором с электроприводом. В бортовой комплект запасных частей аппарата включен второй резервный электродвигатель. Запас поглотителя CO_2 на борту аппарата обеспечивает 340 чел.-ч работы установки.

Контрольно-измерительная аппаратура системы жизнеобеспечения включает индикаторы содержания в воздухе кислорода, углекислого газа, барометр, термометр, реле времени со звуковой индикацией для напоминания экипажу о времени включения агрегатов системы и экспресс-анализатор для определения содержания вредных газообразных примесей.

В состав системы в качестве аварийного средства включен комплект индивидуальных дыхательных

аппаратов типа аппарата Драгера со временем работы 45 мин. Кроме того, предусмотрена возможность использования для дыхания бортового запаса сжатого воздуха с помощью индивидуальных дыхательных автоматов. Бортового запаса воздуха достаточно для нескольких часов дыхания всего экипажа. При этом давление воздуха в отсеке не поднимается до опасной величины. Эти аварийные системы позволяют экипажу в случае непригодности для дыхания атмосферы отсека нормально дышать в течение всего времени всплытия аппарата с максимальной рабочей глубины.

«Пайсис» (Канада). Система жизнеобеспечения состоит из баллонов с кислородом, рассчитанных на пребывание в отсеке трех человек в течение 3 сут, и кассет с химическим поглотителем CO_2 . Кислород постоянно подается через расходомеры из расчета 0,4 л/мин на одного человека. Воздух периодически очищается от углекислого газа и углеводородов. В состав контрольно-измерительной аппаратуры системы кроме приборов, контролирующих состав атмосферы в отсеке, входят барометр, гигрометр, термометр, бортовые часы и таймеры.

Относительная влажность в обитаемой сфере быстро достигает 100 %. Влага конденсируется на стенках отсека и стекает под пайолы в трюм.

Давление в отсеке поддерживается в пределах одной атмосферы. Если же после длительного погружения оно значительно превысит внешнее атмосферное давление, то во избежание баротравмы люк открывать следует очень медленно, стравливая избыток давления. В случаях, когда давление в отсеке значительно ниже атмосферного, его выравнивают воздухом из системы высокого давления.

В аварийных условиях используются автономные дыхательные аппараты типа Драгера, каждый из которых обеспечивает жизнеспособность в течение 45 мин.

«Бен Франклин» (США). Параметры воздушной среды внутри аппарата регулируются с помощью жидкого кислорода. Автономность плавания при этом составляет 30 дней.

Система жизнеобеспечения включает подсистемы криогенного хранения кислорода и удаления CO_2 гидроокисью лития. В отсеках автоматически поддерживается содержание кислорода 21 % и углекислого газа менее 1 %. Для очистки воздуха от вредных примесей с малыми концентрациями служит активированный уголь.

Во время дрейфа аппарата в Гольфстриме температура воздуха в отсеках поддерживалась в пределах 21—26 °С, при относительной влажности 57—65 % и температуре внутренней поверхности обитаемого отсека 14—18 °С.

Отсек управления

Рациональный состав, удобное размещение аппаратуры на пультах, комфорт, возможный в стесненном объеме обитаемого отсека, — все это способствует эффективной работе экипажа в нормальных режимах, а в аварийных условиях может сыграть решающую роль и предотвратить катастрофу. Ибо в конечном счете аппаратом управляет не техника (за исключением, конечно, автономных обитаемых аппаратов с программным управлением), а человек.

Рассмотрим отсек управления аппарата ЛЕО-1 с позиций обеспечения надежности и безопасности.

Большая часть оборудования, размещенного в отсеке, собрана в стандартных стойках, распределенных по бортам. Оставшегося в отсеке свободного пространства достаточно для размещения трех человек, хотя нормальный состав экипажа — два человека. Все органы управления аппаратом находятся в центральной зоне. Расположение основных контрольных приборов таково, что спутать индикаторы, относящиеся к различным системам, трудно, а возник-

новение аварийных ситуаций можно легко обнаружить.

Основное положение оператора при управлении аппаратом — сидя. Однако в передней части отсека предусмотрены две койки, увеличивающие комфорт при длительной работе под водой. В аварийных ситуациях, когда экипаж вынужден долго оставаться в отсеке в ожидании помощи, лучший способ продлить время работы системы жизнеобеспечения — лечь и расслабиться.

При выборе материалов для оборудования отсека управления особое внимание обращалось на их возгораемость. Фирма исследовала пожароопасность тех или иных материалов, токсичность выделяющихся при горении газов.

В отсеке управления аппарата «Пайсис» (экипаж из трех человек) командир аппарата сидит или полулежит в середине сферы. На рундуках криволинейной формы, расположенных вдоль сферических стен и покрытых мягкими подушками, находятся бортинженер и наблюдатель. Перед всеми — большие иллюминаторы, над ними мягкие полукруглые подушечки, о которые можно опереться головой при длительном наблюдении.

Как учитывается «человеческий фактор» при проектировании отсека управления и аппарата в целом?

С конца 60-х годов подводные аппараты проектируют за рубежом с учетом психофизиологических возможностей экипажа. Необходимые исследования в процессе проектирования проводятся на полунатурных моделях. Структурная схема полунатурной модели включает математическую модель пространственного маневрирования аппарата и системы автоматического управления движением, реализованную на ЭВМ, реальную аппаратуру (манипуляторные устройства, телевизионную систему, светильники и др.), макет отсека управления аппарата со всем его интерьером, макет участка дна океана с объектом работы и пульт исследователя.

По сравнению с исследованиями на реальном объекте в морских условиях исследования на полунатурных моделях имеют следующие преимущества: значительную экономию материальных средств (в результате заблаговременного устранения ошибок в проектировании перед изготовлением образца и т. д.); большие возможности сбора информации, управления экспериментом, управления условиями внешней обстановки и их повторения, легкого изменения параметров аппарата, оценки новых проектов аппаратов до их постройки.

С помощью моделей можно изучать многочисленные аспекты использования подводного аппарата: взаимодействие, необходимое между управлением аппаратом и управлением работой манипуляторов; управление аппаратом при больших углах дифферента, в узкостях и т. д.; способность аппарата удерживать заданное положение в режиме зависания при выполнении работ манипуляторами; загрузку оператора и его утомляемость; поведение оператора в аварийных режимах.

Можно отрабатывать на моделях и оптимальный состав и размещение аппаратуры пульта управления. С этой целью предусматриваются съемные панели пульта, монтаж и демонтаж оборудования интерьера макета обитаемого отсека аппарата.

Модель подобного типа использовала, например, фирма «Электрик боат дивижн» (США). В результате экспериментов были получены основные параметры, характеризующие работу оператора,— путь аппарата относительно дна океана, точность постановки в заданное положение, время постановки и т. д. Было установлено, например, что наибольшую долю общего времени постановки аппарата в заданное положение занимает перемещение лагом.

Исследования на моделях не исключают проведения эксперимента в реальных морских условиях. Каждый из этих методов с его достоинствами и недостатками нельзя признать

единственно необходимым или полностью отвергнуть. Оба они должны дополнять друг друга.

В 1969 г. Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA) был проведен эксперимент на аппарате «Бен Франклин» в период его 30-суточного дрейфа в течении Гольфстрим без всплытия на поверхность. В процессе эксперимента исследовались надежность технических средств, безопасность аппарата и деятельность экипажа в натурных условиях, хронометрировалось время выполнения операций по обслуживанию материальной части, изучалась возможность перераспределения рабочей нагрузки между членами экипажа в зависимости от обстановки. Результаты наблюдений были использованы в дальнейшем при разработке проектов и подготовке экипажей будущих космических и подводных аппаратов.

Система пожаробезопасности

Частой причиной возникновения пожара на подводном аппарате является короткое замыкание в электросети под воздействием забортной воды, проникшей через нарушенные уплотнения гермовводов прочного корпуса или другие каналы. Большое внимание поэтому должно уделяться надежной изоляции токоведущих элементов, рациональному размещению электрораспределительных и соединительных устройств и их водозащищенности.

Значительную опасность представляет чрезмерное повышение концентрации кислорода в отсеке. Проект любой системы, автоматически или вручную регулирующей парциальное давление кислорода в атмосфере аппарата, должен учитывать возможность возникновения пожара и обеспечивать поддержание давления в пределах до 18—21 %. Следует помнить, что материалы, которые в обычных условиях огнестойки, при повышенной концентрации кислорода становятся горючими. Кон-

давлением 25 % при общем давлении в отсеке 1 атм уже пожароопасна [71]. Поэтому при определенной концентрации предусматривается автоматическое отключение подачи кислорода.

Наиболее приемлемое средство тушения пожара на подводном аппарате — ручной огнетушитель. Он должен быть эффективным, быстродействующим и иметь соответствующие мощность и подачу, поскольку в замкнутом и неventилируемом отсеке аппарата температура при пожаре поднимается очень быстро. Можно использовать также легко приводимые в действие и не требующие сложного обслуживания постоянные системы [71].

Для небольших подводных аппаратов рекомендуются сухие огнетушители с небольшим количеством инертного газа под давлением. Их используют при возгорании почти любых материалов и электрооборудования. Сухие химические смеси не образуют большого количества токсичных газов, паров или дыма и уменьшают опасность разрушения попавших под их воздействие приборов и устройств. Могут также использоваться огнетушители, заряженные бромтрифторэтиленом. При работе с указанными огнетушителями следует пользоваться аварийными дыхательными аппаратами.

Применение огнетушителей большой емкости с газами при высоком давлении может привести к опасному повышению давления в обитаемом отсеке. Использование в огнетушителях углекислого газа, по мнению Морского технологического общества (США), нежелательно, так как может вызвать повышение парциального давления этого газа, перегрузку воздухоочистительной системы и другие неисправности. Фирма «Комекс» (Франция) придерживается, видимо, другой точки зрения, поскольку в аппарате SM-350 используются углекислотные огнетушители (по одному в каждом обитаемом отсеке). Основным вероятным источ-

кание в электрическом и электронном оборудовании, на чем и строит выбор огнетушителя, а упомянутые выше недостатки CO₂ компенсируют иными мерами.

Некоторые другие системы и устройства безопасности

Прочный корпус или отсеки прочного корпуса, если их несколько, секции аккумуляторных батарей и большинство других компонентов аппарата монтируют обычно на несущей рамной конструкции, изготовленной из высокопрочных стальных труб. Для компенсации гидростатического давления и предотвращения коррозии трубы заполняют маслом. Рама предохраняет прочный корпус и другое оборудование от повреждений при посадке аппарата на грунт и от возможных ударов о корпус обеспечивающего судна. Немалое значение для безопасной эксплуатации аппарата имеет клиренс, т. е. просвет между опорной плоскостью рамы и нижней поверхностью прочного корпуса. На аппарате ЛЕО-1, например, по сравнению с «Пайсом» он увеличен.

Для операций спуска и подъема аппарата на раме предусмотрена единая точка подвеса, а для буксировки — рымы. Для буксировки аппарата ЛЕО-1 рама имеет два кормовых рыма, так как экспериментально доказано, что буксировка кормой вперед обеспечивает более устойчивое движение этого аппарата и большую сохранность навешенного в носовой части на внешней подвеске электронного оборудования.

Для снижения гидродинамического сопротивления, защиты от ударов установленного вне прочного корпуса оборудования, снижения вероятности застревания и запутывания на грунте в тросах и кабелях аппараты имеют обтекаемый легкий корпус. Корпус ЛЕО-1 изготовлен из стеклопластика и хорошо поглощает энергию при ударах. Обтекатель смонтирован из отдельных секций,

закрепленных на ажурной несущей конструкции. Повреждение секций может быть быстро устранено — их легко демонтировать и заменять при ремонте.

Легкий корпус может быть также в некоторой степени предохранен от повреждений. На SM-350, например, с этой целью по обоим бортам аппарата проложено защитное бульбообразное устройство. Защитное устройство имеется и на днище аппарата.

Особое внимание должно уделяться предупреждению запутывания, застревания аппарата на грунте, поскольку некоторые устройства по своему назначению должны работать вне легкого корпуса. К ним относятся, например, манипуляторы, выносные штанги со светильниками, фотокамерами, датчиками магнитометров, якоря. Но по возможности для всех таких механизмов и устройств следует предусмотреть обтекатели, которые закрывали бы их в нерабочем состоянии. На случай, если аппарат все же запутается чем-то и в чем-то на грунте, он должен иметь средства самостоятельного освобождения, так как оказание помощи извне обычно затруднено и требует времени, а его всегда мало. Для этого существуют различные, обязательно автономные, системы отдачи выступающих устройств — гидравлические, электрические и чисто механические. Включение их и сама отдача производятся экипажем вручную. В гидравлической системе отдачи на аппарате ЛЕО-1 давление создается ручным насосом. Резервуар с рабочей жидкостью и насос установлены в обитаемом отсеке. Вообще, отдача должна предусматриваться двумя независимыми друг от друга системами [59].

Аварийная отдача некоторых деталей иногда выполняется пороховыми гильотинными резаками, включаемыми экипажем дистанционно с помощью электрозапалов (аппараты «Си Клиф», «Тартл» и др.). Для отдачи отрубленной детали резак имеет возвратное движение, достигаемое

посредством двойной головки с двумя пороховыми зарядами, действующими в противоположные стороны.

Энергетическая установка

Источником энергии на подавляющем большинстве подводных аппаратов являются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. Они дешевы в производстве, удобны в эксплуатации, легко перезаряжаются, но их удельная энергия мала — всего 25—30 Вт·ч/кг. На некоторых аппаратах установлены серебряно-цинковые батареи. Они намного эффективнее, их удельная энергия в три-четыре раза больше, чем у свинцово-кислотных, но они гораздо дороже и требуют более квалифицированного обслуживания.

Как правило, батареи выносятся за пределы прочного корпуса аппарата (за исключением «Алюминаута»), чтобы предотвратить опасность взрыва выделяемого аккумуляторами водорода.

Электрохимические генераторы на топливных элементах успешно использовались в космических кораблях (программы «Джемини» и «Аполло»), но применение их в подводных аппаратах еще не вышло из стадии эксперимента. Например, они использовались в течении нескольких дней для внутреннего освещения аппарата «Стар-1» и «Дениза».

Атомные энергетические установки нашли применение пока только в двух аппаратах — NR-1 и NR-2 (США), имеющих водоизмещение около 400 т и являющихся, по существу, малыми подводными лодками.

В последние годы широкое развитие получили свинцово-кислотные аккумуляторные батареи типа «Драйфит» с герметизированными элементами, в которых применяется электролит желеобразной консистенции. Основным преимуществом этих батарей является отсутствие опасности утечки электролита, что, в свою очередь, устраняет необходимость в техническом обслуживании в период

эксплуатации. После усовершенствования конструкции срок службы батарей увеличился до 16 мес.

Внутри прочного корпуса многих аппаратов для аварийного питания наиболее ответственных потребителей устанавливают небольшие батареи, обычно пониженного напряжения.

Основным источником энергии аппарата ЛЕО-1 служит свинцово-кислотная аккумуляторная батарея, размещенная вне прочного корпуса в стеклопластиковом боксе, залитом маслом. В конструкции бокса предусмотрены компенсатор давления и система сбора и отвода из бокса выделяющихся из батареи газов. В боксе расположены также плавкие предохранители, погруженные в масло, защищающие силовые цепи от короткого замыкания.

Внешняя проводка электросистемы выполнена кабелями, испытанными вместе с герморазъемами давлением 422 атм (рабочая глубина аппарата 610 м) и напряжением 2200 В [59]. Внутренние кабели имеют изоляцию из тефлона. Вся коммутирующая арматура выбрана с запасом по токам на 25 %. Установленное в отсеке управления оборудование имеет блочное исполнение, что облегчает ремонт и контроль. Кроме того, в системе предусмотрено стационарное устройство проверки уровня утечек по электрическим цепям и оборудованию до погружения и периодически во время погружения.

В системе электропитания предусмотрен также специальный выключатель, дистанционно отключающий все потребители от основной аккумуляторной батареи и автоматически подключающий аварийную 24-вольтовую батарею, питающую освещение отсека и подводное переговорное устройство.

На аппарате «Пайсис» в качестве аварийного источника питания применены сухие батареи типа «Драйфит» фирмы «Зонненшайн».

Энергоустановка аппарата SM-350 построена несколько иначе. Свинцо-

во-кислотная аккумуляторная батарея, размещенная вне прочного корпуса, состоит из пяти секций. Общее напряжение батареи 240 В, напряжение секций по 48 В. Распределительный щит, находящийся в отсеке управления, имеет одну секцию на 240 В для питания гребных электродвигателей, наружных светильников и пять секций (соответственно пяти секциям батареи) на 48 В, от которых питаются вентиляторы системы жизнеобеспечения, гирокомпас, лаг, гидролокатор, аппаратура связи, обогреватели дыхательной смеси, светильники внутреннего освещения носового и водолазного отсеков и аварийного наружного освещения. Последнее состоит из двух светильников, один из которых расположен в носовой части аппарата, а другой освещает шлюзовую люк отсека водолазов. Светильники внутреннего освещения получают питание от разных секций распределительного щита.

В табл. 2 представлены основные данные энергетических установок зарубежных подводных аппаратов.

Все аппараты, за исключением «Морэй», NR-1 и NR-2, в силу специфики своей работы имеют незначительную скорость движения, которая не превосходит обычно 5 уз.

На большинстве аппаратов движительный комплекс состоит из гребных винтов (маршевых, вертикального) с приводом от электродвигателя постоянного тока. Реже используют электропривод переменного тока. Иногда применяют водометные движители, работающие от электрогидравлического насоса.

Электродвигатели постоянного тока размещаются вне прочного корпуса в заполненных маслом контейнерах. Электродвигатели переменного тока могут работать непосредственно в забортной среде. Но получение переменного тока в условиях, когда основным источником электроэнергии является аккумуляторная батарея, требует наличия преобразователя, что увеличивает массу аппарата и т. д.

Энергетические установки зарубежных подводных аппаратов

Аппарат, страна	Источник энергии	Энергетическая установка
«Дип Стар-4000», США	Свинцово-кислотная аккумуляторная батарея, 400 А·ч	Два гребных электродвигателя переменного тока по 4,5 л. с.
«Ашера», США	Свинцово-кислотная аккумуляторная батарея	Два гребных электродвигателя по 2 л. с.
«Стар-3», США	То же	Гребной электродвигатель, 1,5 л. с.
«Шелф Дайвер», США	То же, 33 кВт·ч	Маршевый гребной электродвигатель, 10 л. с. Двигатель вертикального винта, 7 л. с. Два двигателя подруливающего устройства по 2 л. с.
«Дип Дайвер», США	» 95 А·ч	Маршевый гребной электродвигатель, 10 л. с., два электродвигателя по 3 л. с.
«Элвин», США	36 кВт·ч	Маршевый гребной гидравлический двигатель. Два гидравлических двигателя по 5 л. с.
«Си Клиф», «Тартл», США	—	Два гребных электродвигателя по 4 л. с.
«Бен Франклин», США	Свинцово-кислотная аккумуляторная батарея, 750 кВт·ч	Четыре гребных электродвигателя переменного тока по 25 л. с.
«Дип Джип», США	То же, 6,9 А·ч	Два гребных электродвигателя по 0,75 л. с.
«Морэй», США	Серебряно-цинковая аккумуляторная батарея	Гребной электродвигатель, 90 л. с.
«Триест-2», США	Свинцово-кислотная аккумуляторная батарея	Два гребных электродвигателя по 10 л. с., один — 2 л. с.
NR-1, NR-2, США	Атомный реактор малой мощности водоводяного типа	Турбоэлектрический агрегат
«Алюминаут», США	Серебряно-цинковая аккумуляторная батарея, 32 000 А·ч	Два маршевых гребных электродвигателя по 5 л. с. Двигатель вертикального винта, 5 л. с.
«Гаппи», США	Питание по кабелю с судна-носителя	Два маршевых гребных электродвигателя переменного тока по 10 л. с.
«Бивер Марк-IV», США	Свинцово-кислотная аккумуляторная батарея	Три гребных электродвигателя по 4 л. с.
«Архимед», Франция	Щелочная кадмиево-никелевая аккумуляторная батарея	Три гребных электродвигателя переменного тока мощностью 5, 6 и 20 л. с.
SP-350 («Дениза») Франция	Свинцово-кислотная аккумуляторная батарея, 302 А·ч	Один центробежный водометный насос, два водометных двигателя
SP-500, Франция	Свинцово-кислотная аккумуляторная батарея	Один центробежный водометный насос, два водометных двигателя
SP-3000 («Сиана»), Франция	—	Два гребных электродвигателя переменного тока по 3 л. с.
«Пайсис», Канада	Свинцово-кислотная аккумуляторная батарея, 385 А·ч	Два маршевых гребных электродвигателя по 3 л. с.
«Йомиури», Япония	Аккумуляторная батарея, зарядный дизель-генератор	Маршевый гребной электродвигатель переменного тока

Размещение двигателей в прочном корпусе нежелательно по многим причинам. Одна из них — большая опасность возникновения течи через уплотнения вокруг вращающихся ва-

лов, обусловленной гидростатическим давлением.

Гребные винты защищают насадкой и даже проволоочной сеткой от соприкосновения с твердыми объ-

ектами при работе аппарата у грунта и подводных сооружений, от запутывания в тросах кабеля, водорослях, а также для безопасности работы водолазов совместно с аппаратом.

Немного о гидросистеме. Гидросистема аппарата ЛЕО-1 обеспечивает работу насоса уравнительной системы, работу манипуляторов, устройств поворота двигателей и др. Основу системы составляет силовой блок, расположенный в контейнере, залитом гидросмесью, в состав которого входят два параллельно работающих гидронасоса с электроприводом мощностью по 5 л. с. и система соленоидных клапанов. Одной из проблем обеспечения надежности электрогидравлических систем подводных аппаратов является защита гидросмеси от попадания в нее воды. Достаточно незначительного количества воды, чтобы начались неполадки с электрооборудованием. С другой стороны, очень трудно исключить подтекание воды через агрегаты. В гидросистеме аппарата ЛЕО-1 предусмотрено поэтому полное отделение электрических элементов системы от «рабочей» гидросмеси.

Гидросистема аппарата SM-350 обеспечивает работу привода движителя горизонтального хода, работу манипуляторов, рулей, подруливающих устройств и других вспомогательных механизмов. В системе гидравлики использовано два гидравлических насоса — главный и вспомогательный. Вспомогательный насос включается в случае, если главный не обеспечивает по какой-либо причине работу всех потребителей или просто вышел из строя.

«Абсолютно безопасный» аппарат

Пусть извинит нас читатель за шутку: абсолютно безопасных аппаратов, вероятно, нет и быть не может (в ближайшее, по крайней мере,

время), поскольку всего в Мировом океане еще не предусмотреть. Очень уж он велик и неизведан. Впрочем, в зарубежной печати встречаются и обратные утверждения. Например, К. Риффо пишет о батискафе «Архимед»: «...Прежде всего — это исключительно надежный аппарат; обеспечивающий экипажу абсолютную безопасность...» [35, с. 206]. И все же абсолютно безопасный аппарат был создан. Абсолютно — потому что он необитаем, т. е. экипажа в аппарате нет. С другой же стороны, человек в ней «как бы присутствует». Речь идет об аппарате «Антро», т. е. «человекоподобном», построенном Подводным центром ВМС (США). Аппарат этот, управляемый по кабелю с поверхности, перемещается в толще воды горизонтальными и вертикальными винтами. Для обеспечения «эффекта присутствия» пост оператора на судне-носителе имеет несколько степеней свободы (крен, дифферент, курс) и с помощью сервоприводов отслеживает по указанным координатам положение аппарата, маневрирующего в толще воды. Два гидрофона шумопеленгаторной гидроакустической станции, установленной на аппарате, создают с помощью наушников специального головного шлема оператора необходимый эффект. Кроме того, в шлем встроено миниатюрное видеоустройство телевизионной камеры, расположенной на аппарате и имеющей угол обзора, соответствующий углу обзора глаз оператора. Датчики и сервопривод обеспечивают поворот телекамеры и наклон, идентичные повороту и наклону головы оператора.

Испытания аппарата «Антро» подтвердили полезность «совмещенной головы оператора» и продемонстрировали простоту управления его движением. На испытаниях двенадцатилетний ребенок успешно маневрировал аппаратом в течение 5 мин, осуществляя слежение за уклоняющимся из поля зрения телекамеры аквалангистом.

Организационно-техническое и организационное обеспечение безопасности аппаратов

Спуск-подъемные операции

В последние годы многие фирмы-разработчики подводных аппаратов, особенно в США, исходят из того, что аппарат является лишь частью сложного комплекса, в который входят также судно-база, со спуско-подъемным оборудованием и средствами связи, системы навигационного, гидрометеорологического и другого обеспечения.

Судно-база (надводное или подводное) в числе прочих функций доставляет аппарат к месту погружений, выполняя роль носителя или буксира. Методом буксировки в район работ доставляются большие, тяжелые аппараты, такие как «Архимед», «Триест-2», «Бен Франклин». Аппараты меньших размеров обычно транспортируются в назначенный район на палубе надводного судна-базы или подводной лодки.

Спуск аппарата с надводного судна-носителя и подъем его на борт после погружения — очень ответственные этапы эксплуатации. Они все еще приносят много неприятностей, будучи характерными источниками поломок и аварий, особенно в штормовую погоду. Можно считать, что успешное использование аппарата в районе работ во многом зависит от спуско-подъемного оборудования и самого выполнения процесса спуска (подъема).

Спуск аппарата на воду во многих случаях применения спуско-подъемных устройств не заканчивается контактом его с водной поверхностью, а продолжается до погружения на некоторую глубину, после чего стропы отдаются. Аналогично при подъеме аппарат стропится аквалангистами на некоторой глубине и только затем подтягивается спуско-подъемным устройством к поверхности для последующего подъема на палубу. Соответственно этому спуско-

подъемная операция делится на два этапа: спуск аппарата с палубы на водную поверхность или подъем его с поверхности на палубу (надводный этап); спуск аппарата с поверхности на некоторую глубину или подъем его с некоторой глубины к поверхности (подводный этап).

Каждый из них имеет свои особенности, в той или иной степени способные влиять на безопасность аппарата.

Надводный этап. Аппарат, подвешенный при спуске или подъеме на грузовом тросе, раскачивается под влиянием качки обеспечивающего судна и под влиянием ветра. Большая амплитуда раскачивания может привести (и неоднократно приводила) к удару аппарата о борт и почти неизбежному при этом повреждению легкого корпуса, выступающего хрупкого оборудования и приборов. Очень опасны и сложны процессы контакта аппарата с водной поверхностью при спусках и процессах отрыва от воды во время подъема. Проходящая волна изменяет массу аппарата, воспринимаемую грузовым тросом. Нагрузка на трос резко меняется, внезапная слабина чередуется с сильными рывками, которые воздействуют на аппарат. Кроме того, аппарат испытывает, конечно, и удары о воду.

Влияние различных видов качки на работу спуско-подъемного устройства неодинаково. Зависит оно и от размещения устройства на судне. При размещении спуско-подъемного устройства в кормовой части судна основное влияние оказывает килевая качка, а при размещении в средней части — бортовая и вертикальная [12].

Подводный этап. При погружении аппарата на этом этапе влияние волнения быстро снижается, аппарат приобретает определенную устойчивость, и вероятность столкновения его с обеспечивающим судном становится меньше.

Уровень разработок спуско-подъемных устройств, как отмечается в зарубежной печати, пока еще

ниже уровня собственно подводных аппаратов [12]. Современные требования, предъявляемые к спуско-подъемному оборудованию, направлены, с одной стороны, на уменьшение раскачивания аппарата на гаке и снижения, следовательно, вероятности повреждения его от ударов о борт обеспечивающего судна, а с другой, — на обеспечение возможности автоматического соединения рыва аппарата с гаком, мягкую посадку на воду, мягкую и точную посадку в заданное место на палубе, простоту обслуживания.

Фирма «Виккерс Оушеникс лимитид», поставляющая аппараты «Пайсис» и суда-носители нефтедобывающим компаниям для эксплуатации их в Северном море (обычно, как известно, штормовом), так сформулировала свои требования к спуско-подъемным устройствам: быстрое, безопасное осуществление операций по острожке и отдаче стропов от аппарата при волнении до 5—6 баллов; исключение раскачивания аппарата во время спуска (подъема); максимальное снижение рывков в момент отрыва аппарата от воды при волнении; исключение слабину в грузовых тросах; исключение субъективного фактора оператора, управляющего спуско-подъемным устройством, в оценке момента, благоприятного для отрыва аппарата от водной поверхности при волнении.

Для реализации этих требований фирма предложила, в частности: средства автоматического контроля натяжения троса и управления натяжением для снижения рывков при подъеме аппарата на волнении; автоматические захваты для острожки аппарата с целью устранения ручных операций, выполняемых аквалангистами или палубной командой; средства, уменьшающие раскачивание аппарата при спуске и подъеме; средства надежного крепления аппарата на палубе судна-базы.

Все это заметно повысило качество и безопасность спуско-подъемных операций. Так, если на началь-

ной стадии эксплуатации аппарата «Пайсис» спуско-подъемные операции ограничивались высотой волны 1 м, то в настоящее время допустимое волнение составляет 5—6 баллов.

Вообще говоря, устройства спуска и подъема подводных аппаратов можно подразделить на палубные краны, судовые элеваторы и оборудование для бескрановых спуско-подъемных операций. Особенности их заключаются в следующем.

Палубные краны. Эта категория спуско-подъемных устройств объединяет палубные краны разных конструкций — шарнирно-сочлененные краны с гидроприводом, краны с пневматическими амортизаторами, краны со вспомогательной стрелой и др. Стрела шарнирно-сочлененного гидравлического крана состоит из секций с самостоятельными гидравлическими приводами и заканчивается гидравлическим амортизатором рывков. Грузовой трос имеет малую длину, так как стрела может своим носом касаться поверхности воды. Такие краны установлены на судах типа «Тритон», и «Сирч Тайд». Для безопасности вместо открытого гака применен вертолетный гак с дистанционным управлением, который можно раскрывать с палубы при спуске аппарата. При подъеме же аппарата из воды аквалангист заводит гак в подъемный рыв.

В палубных кранах с пневматическими амортизаторами применены специальные лебедки с устройствами для снижения рывков в грузовых тросах. Амортизирующее устройство состоит из пневмоцилиндра, поршень которого перемещается тросом через подвижные блоки полиспаста. При опускании аппарата на подошву волны нагрузка на гак резко возрастает и трос перемещает поршень вверх по цилиндру, сжимая в нем воздух и амортизируя этим динамические рывки. При подъеме аппарата на гребень волны слабину в тросе выбирается полиспастом, поскольку поршень под давлением сжатого в верхней части цилиндра воздуха пе-

ремещается теперь в нижнее положение.

Вспомогательная стрела у палубных кранов служит для отвода грузового шкентеля. Шпор вспомогательной стрелы крепится в районе средней части или верхней трети грузовой стрелы (фермы) на одной оси с блоком грузового троса, а коренной конец ее топенанта — на ноке фермы. Ходовой конец топенанта, пройдя блоки на ноках вспомогательной и грузовой стрел, выбирается вспомогательной лебедкой. При подъеме аппарата отрыв его от поверхности воды выполняется вспомогательной стрелой. Последующая операция подъема осуществляется грузовой лебедкой.

Судовые элеваторы. Эти спуско-подъемные устройства применены, например, на обеспечивающих судах-катамаранах «Лулу» (для аппарата «Элвин») и ASR (для DSRV). Грузовая платформа элеватора размещается на подъемнике в шахте, расположенной в средней части судна. Аппарат на платформе опускается под воду, и на определенной глубине отделяется от нее, действуя затем самостоятельно. При подъеме все операции производятся в обратном порядке.

Чтобы аппарат, закончивший погружение, мог легко обнаружить платформу, последнюю оснащают мощными светильниками и акустическими излучателями.

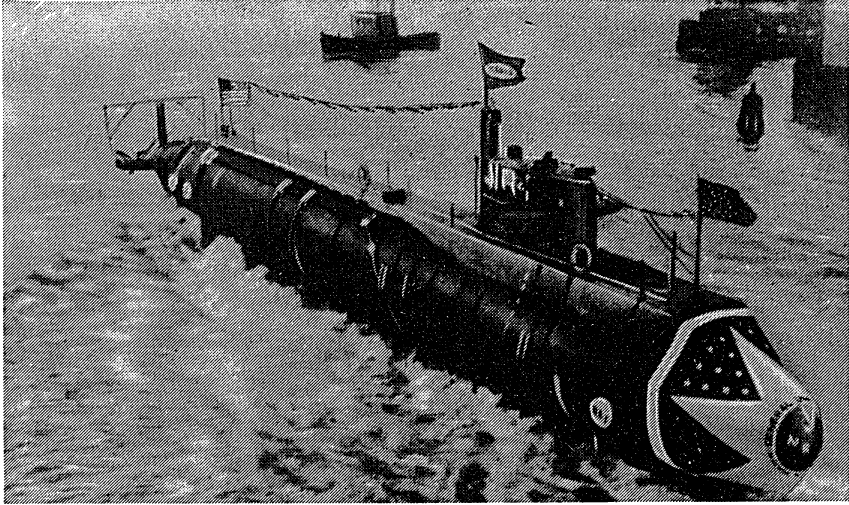
Опыт эксплуатации спуско-подъемных устройств элеваторного типа показал, что расположение шахты в средней части судна, т. е. в районе наименьшего влияния качки, наиболее целесообразно. Основное же преимущество этих устройств по сравнению с палубными кранами — улучшение условий спуска-подъема на волнении.

Бескрановые средства. Спуск и подъем аппаратов с использованием этих средств освобождает обеспечивающее судно от необходимости иметь грузовые краны, стрелы, лебедки, подъемники и другие подобные устройства. Два таких средства

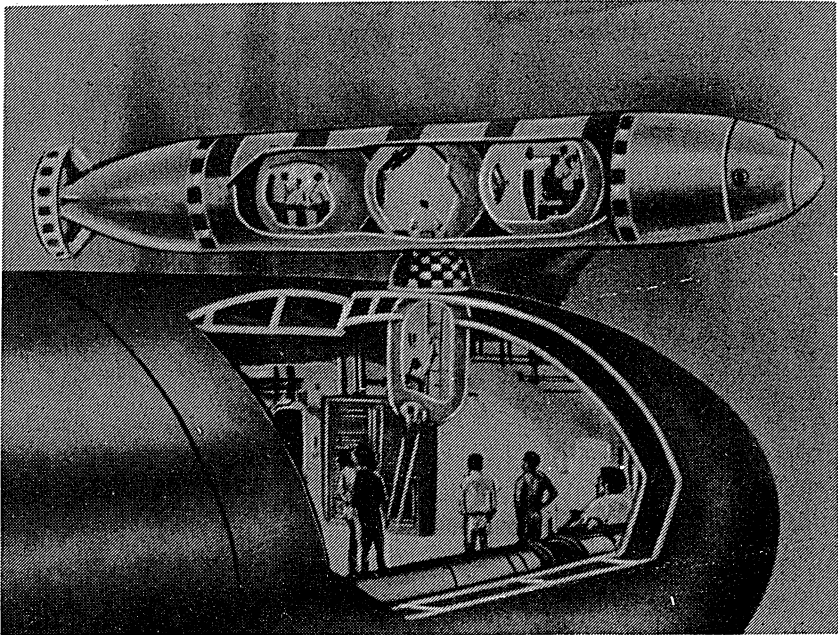
разработаны в США. Одно из них, предназначенное для малых аппаратов, представляет собой небольшой катамаран LRT, способный погружаться при заполнении его корпуса заботной водой и всплывать при продувании их сжатым воздухом [12]. В пункте базирования аппарат раскрепляется на катамаране на кильблоках; катамаран буксируют в заданный район обеспечивающим судном, а затем он погружается вместе с аппаратом на глубину, исключаящую влияние волнения. Находящиеся на борту катамарана акванавты отдают крепящие стопора, освобожденный аппарат сходит с кильблоков и действует затем самостоятельно, а катамаран всплывает на поверхность.

Испытания бескранового катамарана LRT по спуску и подъему аппарата типа «Нектон», проведенные обеспечивающим судном «Холокай» в районе Гавайских островов, закончились успешно и подтвердили перспективность этого способа и средства. При силе ветра до 10 м/с и высоте волны 2,4 м катамаран на глубине 16—18 м практически не имел качки, а сход и посадка на него аппарата не вызывали затруднений.

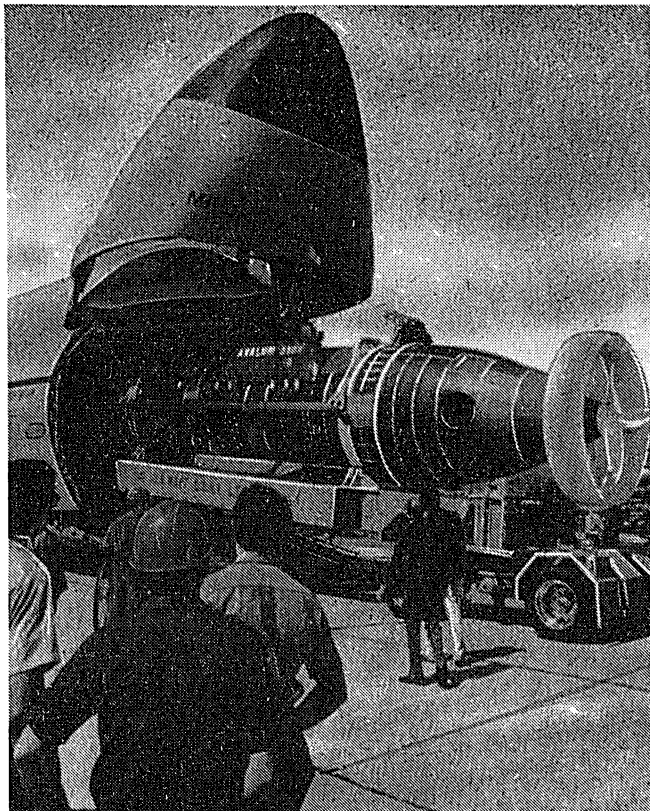
Другим разработанным в США бескрановым средством является погружаемый плавучий док DTD. Он предназначен для аналогичных спуско-подъемных операций, но уже не для легких, а тяжелых аппаратов типа «Алюминаут». Доставленный на буксире в район погружений, док на ходу принимает балласт, который притапливает его, оставляя небольшую положительную плавучесть. Затем отваливается плоская носовая оконечность дока, начиная работать как горизонтальный руль на погружение, док погружается вследствие этого на глубину 15 м, и аппарат выходит из него. По окончании работ аппарат входит в док, руль переключается на всплытие, и DTD вместе с аппаратом всплывает на поверхность.



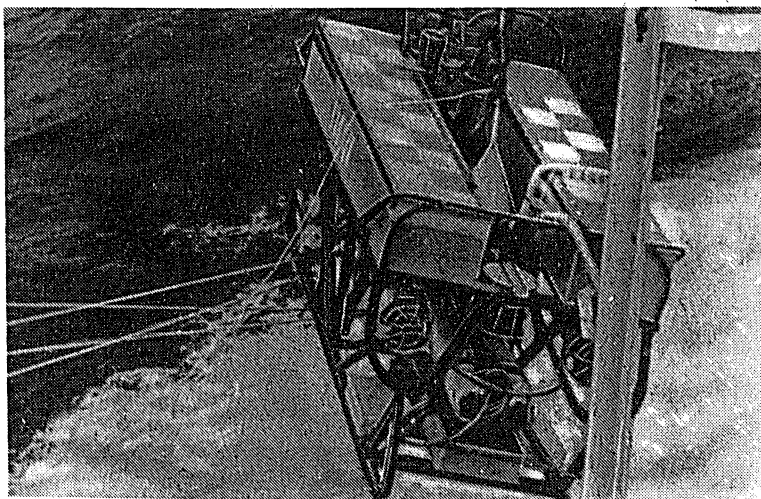
NR-1



DSRV-2



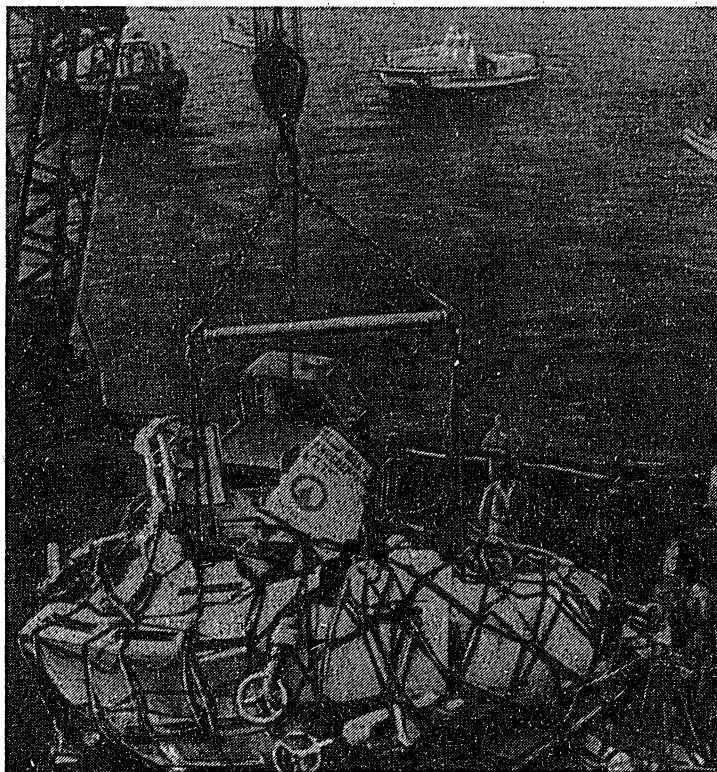
DSRV загружается в самолет



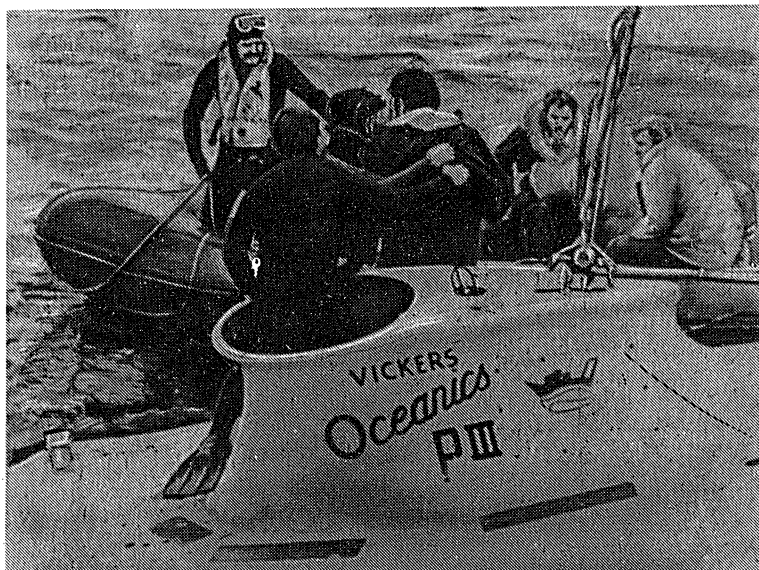
КУРВ-3



URF



«Элвин» в нейлоновой сети



**«Пайсис-3» на поверхности океана
после спасения**

Средства связи и обозначения

Одним из важнейших условий безопасности подводного аппарата является высокая надежность и живучесть средств связи и обозначения. Они обеспечивают постоянную двустороннюю связь судна-базы с аппаратом в нормальных и аварийных условиях эксплуатации (или одностороннюю связь аппарата с судном в аварийном режиме) при погружении и после всплытия аппарата на поверхность в любое время суток и при любом состоянии моря. Бесперебойной связи в период погружений придается особое значение. Достаточно сказать об общепринятом порядке — при обрыве двусторонней связи экипаж аппарата обязан прекратить погружение и принять все меры для немедленного всплытия на поверхность [71].

Надводные средства связи и обозначения включают радиостанцию, световую сигнализацию, радиомаяк, радиосветоотражающие устройства. К подводным средствам относятся подводный телефон, система подводного слежения за аппаратом с обеспечивающего судна (включая маяк-ответчик аппарата), аварийный гидроакустический сигнализатор, наружное освещение. Звукоподводная телефонная связь аппарата «Пайсис» с судном-носителем может осуществляться, например, на дистанции до 5 миль. На аппаратах, как правило, устанавливается не менее двух гидроакустических станций связи, одна из которых, имеющая автономный источник питания, используется только в аварийных режимах. Аварийная станция должна иметь гидрофоны, расположенные ниже ватерлинии аппарата, для связи с судном-базой, когда он всплыл на поверхность. Связь в надводном положении по гидроакустическому каналу применяется при выходе из строя радиосвязи (в пределах, конечно, дальности действия подводного телефона).

Для аварийной радиосвязи пре-

дусматривается антенна, обеспечивающая связь без открывания люка аппарата, т. е. в неблагоприятных погодных условиях.

На аппаратах типа «Пайсис» имеется специальный аварийный буй, который, всплывая, вытягивает за собой 2000 м троса. Буй ярко раскрашен и снабжен лампой-вспышкой и радиомаяком. При необходимости для подъема аппарата этот трос можно использовать как проводник.

Для связи с судном в аварийных условиях, когда звукоподводная и радиосвязь не работают, аппараты используют днем дымовые шапки, а ночью — световые ракеты, вращающийся или проблесковый неоновый маяк и т. п.

В состав средств связи и обозначения аппарата ЛЕО-1 входят подводный телефон, ультракоротковолновая радиостанция, ксеноновый проблесковый огонь и радиомаяк. Подводный телефон работает на частотах 27 и 9 кГц как в режиме телефонной связи, так и в режиме гидроакустического маяка, обеспечивающего обнаружение аппарата при аварии. При неисправности в электросети подводный телефон автоматически подключается к аварийной аккумуляторной батарее. Ксеноновый проблесковый огонь имеет гидростатический выключатель, отключающий батарею на определенной глубине и подключающий ее снова при всплытии аппарата на поверхность.

Навигационное и другое обеспечение погружений

Другим важнейшим средством обеспечения безопасности погружений аппарата является его навигационное гидроакустическое оборудование. Иногда при работе вблизи грунта (а этот режим наиболее характерен для использования подавляющего большинства аппаратов) оно становится главным средством контроля окружающей обстановки с целью предотвращения

навигационных аварий. Напомним, что визуальное наблюдение не всегда эффективно, особенно при плавании в придонных слоях, где прозрачность воды в лучшем случае не превышает 5—10 м. Но именно там аппарат подстерегают наибольшие опасности.

Навигационные средства собственно аппарата решают следующие основные задачи: определение отстояния аппарата от грунта, определение дистанции и пеленга на встречное препятствие, обнаружение объекта поиска, определение места аппарата относительно донных маяков-ответчиков и относительно судна-базы.

Удержание аппарата на курсе, измерение скорости хода и пройденного пути выполняют с помощью гирокомпаса, магнитного компаса и лага. Отстояние аппарата от грунта определяют эхолотами, причем современные эхолоты, по зарубежным данным, измеряют его в пределах до 200 м с точностью от нескольких десятков сантиметров (на близких отстояниях) до нескольких метров. Подводные препятствия обнаруживает гидролокатор на дистанции 200—300 м, причем на близких расстояниях (30—40 м) погрешность определения дистанции не превышает 2 %. Большую опасность при плавании аппарата у грунта представляют кабели и тросы. В некоторых случаях, образуя петли, они поднимаются над грунтом до 2—3 м. Гидролокатор обнаруживает их плохо.

Гидроакустическая навигационная система аппарата позволяет определять его место относительно трех опорных, выставленных заранее на грунте маяков-ответчиков. При этом, например, на «Пайсисе» место аппарата через заданные промежутки времени фиксируется на экране дисплея, а цифровое табло показывает дистанцию до каждого маяка. Координаты маяков-ответчиков рассчитывает судно-база, которая свое место определяет по спутниковой навигации.

Выход аппарата на интересую-

щий объект, находящийся на грунте, корректируется с судна-базы по подводному телефону. Система непрерывного слежения за аппаратом с судна определяет пеленг с точностью до 5° и дистанцию до 1—2 %.

Большое внимание уделяется за рубежом проблеме предотвращения столкновений аппаратов с подводными и надводными судами, с другими аппаратами, с различными установленными на грунте сооружениями. Особое значение приобрела эта проблема для Северного моря в связи с интенсивным развитием на его акватории нефте- и газопромыслов, наличием многочисленных подводных бурильных и добывающих установок, наращиванием числа используемых в этом регионе различными фирмами и государствами подводных аппаратов, интенсивным надводным и подводным судоходством.

Все эти обстоятельства привели к необходимости принятия мер к стандартизации рабочих частот гидроакустических средств, устанавливаемых на аппаратах, подводных лодках и судах, подводных стационарных сооружениях и просто на грунте для ограждения подводных фарватеров. Национальная академия наук США, например, рекомендовала обозначать подводные сооружения импульсными одночастотными звуковыми излучателями с автономными долгодействующими источниками питания. Для ограждения подводных фарватеров предложены звуковые источники, излучающие кодированные импульсы, с дальностью действия 0,5 мили. Ультразвуковые навигационные «огни» должны иметь каждое подводное транспортное средство, подобно ходовым и якорным огням надводных кораблей и судов. Звуковыми отличительными источниками должны оборудоваться также рыболовные тралы и вообще все другие буксируемые и опускаемые средства.

Вполне возможно в условиях плохой видимости и столкновение нахо-

дящегося на поверхности океана аппарата с надводным судном. Небольшие размеры аппарата и низкий борт делают его малозаметным. Вероятность столкновения снижается установкой на аппарате навигационных огней и специальной окраской аппарата в белый или желтый цвет, в клетку, полоску и т. д. Белый и желтый цвета считаются наиболее заметными на поверхности океана.

Большое значение для безопасности аппаратов имеют гидрографическое, гидрологическое и гидрометеорологическое обеспечения погружений. Первые два вида обеспечения состоят в предварительном изучении (для принятия соответствующих мер и решений) района предстоящих подводных работ. Изучают специальные карты района, а при отсутствии их проводят натурные измерения и промеры. Анализируют глубины района, рельеф и характер грунта, направления и скорость течений, прозрачность воды в придонном слое, распределение плотности воды по глубинам и другие характеристики гидрологического разреза. Не менее важен прогноз погоды на весь период подводных работ — состояния моря, направления и скорости ветра, дальности видимости.

Человек давно использует океан для сбрасывания различного мусора и отходов. Во многих районах на дне океана можно увидеть консервные банки, пивные бутылки, свалки автомобилей, боеприпасов и других предметов человеческого труда. Батискаф «Триест-2», например, сфотографировал у о. Гуам на глубине более 2000 м банку из-под пива и рядом с ней 5-дюймовый неразорвавшийся снаряд. Кроме того, дно океана хранит огромное число останков погибших кораблей. Некоторые из свалок нанесены на карту и находятся под надзором, запрещающим посещение этих мест подводными аппаратами.

Обслуживание и проверка аппарата

Морское технологическое общество США рекомендует следующий порядок повседневного технического обслуживания и проверки аппарата до и после погружения. Типовая инструкция имеет два раздела, охватывающие, соответственно, период бездействия (аппарат находится на борту судна-базы или на берегу) и период эксплуатации аппарата.

В период бездействия поддерживается заданный микроклимат в прочном корпусе (температура, влажность) и проводятся ежедневные мероприятия: подзарядка аккумуляторных батарей, проверка креплений прочного корпуса и другого внешнего оборудования к несущей раме, контроль утечек масла, промывка пресной водой солевых отложений от брызг морской воды.

Перед погружением аппарата проводится жестко регламентированная проверка устройств, конструкций и систем аппарата. Подробный и строго упорядоченный перечень всего того, что подлежит проверке, включает следующие этапы: осмотр рубки аппарата, проверку ее оборудования и устройств; проверку оборудования, приборов и систем в прочном корпусе аппарата (в том числе переносных и индивидуальных аварийных средств); осмотр нижней части корпуса и рамы; наружный осмотр корпуса аппарата, осмотр и проверку внешних устройств и выносного оборудования в походном и рабочем положениях.

Командир аппарата лично проверяет его готовность к погружению. По всем видам и этапам проверки заполняется регистрационный бланк, и командир расписывается, что он принимает аппарат. С этого момента вся ответственность за погружение ложится на него. В тот же бланк заносят и отчет о погружении, сведения о появившихся неисправностях и принятых мерах. В период погружения все действия командира и других членов экипажа, команды и рекомен-

дации с обеспечивающего судна дублируются голосом для записи их бортовым магнитофоном. Время на обеспечивающем судне и аппарате перед погружением сверяется, отметки времени на ленте наносятся автоматически.

После погружений в конце дня работы, по мнению Морского технологического общества, необходимо: промыть пресной водой все доступные наружные участки аппарата; покрыть смазкой все открытые трубопроводы и другие металлические детали выносного оборудования; удалить протиркой конденсат с обшивки корпуса и других поверхностей внутри обитаемого отсека; включить воздуходувную или другую установку для просушки; обеспечить нормальную зарядку аккумуляторных батарей; зарядить баллон с кислородом и воздушные баллоны главного балласта; задраить люк и установить на иллюминаторе предохранительные крышки; проверить сток ртутной дифференциальной системы и т. д.

До погружения аппарата и после него также должны выполняться подобные проверки спуско-подъемного и другого обеспечивающего оборудования судна-базы.

Приведенную инструкцию по техническому обслуживанию и проверке аппарата, по мнению Морского технологического общества, следует применять творчески, корректируя в зависимости от типа аппарата, его назначения и способов хранения.

Отбор и подготовка экипажа

Тщательный отбор и подготовка экипажа имеют исключительное значение для обеспечения безопасности аппарата. Внимания им следует уделять не меньше, чем проектированию аппарата и его постройке. Прямыми аналогами подводных аппаратов в этом смысле являются самолеты и обитаемые космические объекты. Экипажи всех этих пилотируемых средств, находясь в глу-

бинах океана или в полете, почти всецело предоставлены самим себе, и, совершив ошибку, они в большинстве случаев только сами могут избежать ее последствий.

Подготовка экипажей подводных аппаратов состоит из следующих этапов: теоретической подготовки, практического обучения техническому обслуживанию аппарата и его систем, практического обучения управлению аппаратом (на тренажере и в реальных условиях).

Дальнейшее изложение этих вопросов основывается на рекомендациях Морского технологического общества и Ассоциации командиров глубоководных аппаратов США.

Принципы отбора командиров. Кратко эти принципы можно сформулировать следующим образом. Будущие командиры подводных аппаратов должны набираться из лиц, имеющих широкую подготовку по техническим дисциплинам. Командир аппарата должен иметь волевой и уравновешенный характер. Он должен быть способен к принятию решений в самых неожиданных ситуациях, способен спокойно и безошибочно действовать при аварии.

Наиболее экономичным представляется подбор командиров и других членов экипажа аппарата из специалистов, уже зарекомендовавших себя в водолазном деле, в авиации [71]. Желательно, чтобы они были знакомы с работой в подводной среде, обладали хотя бы основными знаниями в области жизни моря и подводной топографии.

Командир должен быть наблюдательным человеком, уметь видеть то, что расположено за иллюминатором. Уметь, например, по колебаниям крупных кораллов или по сносу мелких рыб учесть течение и т. п. Хорошо, чтобы будущий командир аппарата имел также навыки подводной фотографии.

Отбор командиров по физическим данным базируется на требованиях, предъявляемых к водолазам. Возраст при хорошем состоянии здо-

ровья не является препятствием [71].

Зачисление в состав командиров должно производиться обязательно по принципу добровольности.

Теоретическая подготовка. Теоретическая подготовка экипажа состоит из общей подготовки и изучения конкретного аппарата, на котором предстоит служить,— его проекта, конструкции, главных и вспомогательных систем.

В программе общей подготовки рекомендуется следующий перечень изучаемых дисциплин, в основном не имеющих прямого отношения к какому-либо определенному аппарату [71]: морская среда и топография, гидрометеорология, электротехника, механика, гидравлика, гидродинамика, конструкции прочного корпуса, плавучесть и балласт, энергоустановки, жизнеобеспечение, аварийные системы, навигация, средства связи, подводное освещение, подводная фотография, спуско-подъемные устройства, основные типы аппаратов, испытания, техобслуживание, системы внешнего обеспечения погружений, анализ аварий подводных аппаратов и катастроф.

Теоретическая подготовка рассчитывается на две недели напряженной учебы — 24 ч общего курса и 88 ч на изучение систем конкретного аппарата. Примерно треть этого времени отводится на самостоятельные занятия. Обучение проходит под руководством инженера проекта. Обучающий ведет записи, относящиеся к своему будущему аппарату, в специальных блокнотах с отпечатанными бланками-вопросами, которые проверяются в процессе обучения руководителем. Такая форма облегчает подготовку и дает представление руководству об инициативе обучающегося и о том, как он усвоил материал.

Техобслуживание. Этот этап подготовки экипажа проводится на реальном аппарате и предполагает работу в цехе или в составе команды обслуживающего персонала.

Все обучающиеся делятся на четыре группы техобслуживания: электрического и электронного оборудования; механического и гидравлического оборудования; жизнеобеспечения; палубную группу, отвечающую за спуско-подъемные операции, обеспечивающую слежение за аппаратом при погружениях и отвечающую за связь с ним.

В каждой группе назначается начальник и один или два его помощника. Рекомендуется, чтобы каждый обучающийся получил практический опыт обращения с компонентами в объеме постройки аппарата или капитального ремонта.

Обучение на тренажере. В последние годы многие зарубежные фирмы-разработчики подводных аппаратов занимаются одновременно и созданием тренажеров, позволяющих в наземных условиях формировать у операторов-акванавтов навыки управления. Целесообразность применения тренажеров обосновывается либо требованиями повышения качества подготовки операторов, либо соображениями экономики. В первом случае необходимо учитывать исключительное значение безопасности. Тренажеры позволяют проводить тренировки операторов подводных аппаратов в аварийных ситуациях, психологически сложных условиях, которые на реальном объекте воспроизводить опасно или вообще недопустимо. Заметим, что даже элементарные действия по управлению аппаратом, которые оператор в нормальной обстановке выполняет без труда, могут вызвать большое психофизиологическое напряжение при выполнении их в аварийных условиях. Ведь оператор понимает, что даже незначительная ошибка в аварийной ситуации может привести к трагическим последствиям.

В 1968—1969 гг. фирма «Электрик Боут» — разработчик аппаратов типа «Стар» (США) — построила тренажер, который позволяет оптимизировать процесс обучения при непрерывном контроле за ходом и качеством подготовки, многократ-

но повторять учебную задачу с любых начальных условий и в любом масштабе времени до полного ее усвоения, «замораживать» обстановку во время учения для разбора допущенных оператором ошибок, отрабатывать действия экипажа в аварийных ситуациях, систематически поддерживать на требуемом уровне навыки операторов по управлению аппаратом, готовить специалистов для перспективных подводных аппаратов.

Как видно, достоинств у тренажеров хоть отбавляй. Но все же полностью исключить подготовку на «живом» аппарате он не может. Управление аппаратом при реальном погружении имеет весьма существенные особенности (в основном — психологического характера), которые имитации не поддаются. И обучение на тренажере следует считать поэтому не заключительным, а лишь предшествующим ему этапом подготовки экипажа. Оно позволяет в кратчайший срок отработать устойчивые навыки управления, достаточные для перехода в море, на реальный аппарат, где и осуществляется их окончательная доводка.

Структурная схема тренажера включает математическую модель пространственного маневрирования аппарата и системы управления движением, реализованную на электронном вычислительном комплексе, реальную аппаратуру (манипуляторные устройства, телевизионную систему, светильники и др.), макет отсека управления аппарата с интерьером, копирующим реальный объект, имитатор внешней обстановки и пульт руководителя обучением.

Вычислительный комплекс тренажера состоит из аналоговой и цифровой ЭВМ. На аналоговой вычислительной машине (АВМ) моделируется в реальном масштабе времени движение аппарата, а на цифровую машину (ЦВМ) возлагаются обработка полученных данных, оптимизация процесса обучения и другие вычислительные задачи.

Макет отсека управления аппаратом имеет возможность перемещаться по двум угловым координатам — крену и дифференту аппарата, значения которых формируются в ЭВМ. Комплект же реальной аппаратуры установлен на подвижной платформе с шестью степенями свободы, которая полностью копирует движение аппарата.

Другим характерным примером может служить тренажер спасательного аппарата DSRV (США). Интерьер макета отсека управления также повторяет реальный объект. Программа обучения предусматривает отработку процесса поиска в ограниченном районе и стыковки аппарата с комингс-площадкой спасательного люка аварийной подводной лодки, лежащей на грунте при значениях крена и дифферента до 45° . Программа предусматривает также различные условия внешней обстановки, включая течения и уровень видимости.

Заметим, что в зарубежных источниках тренажером часто называют также описанную ранее полунатурную модель объекта, применяемую в целях исследований, хотя она в отличие от истинного тренажера, т. е. от чисто учебного средства, допускает в процессе работы изменение интерьера макета отсека управления, изменение состава и расположения органов управления, измерительных приборов и т. д.

Известно, что затраты на создание тренажера быстро окупаются [55]. Решение вопроса о целесообразности создания тренажера для подготовки операторов подводных аппаратов с позиций экономической эффективности позволяет свести все многообразие показателей эффективности тренажера к одному количественному критерию. За такой критерий принимается сокращение стоимости обучения операторов в течение года вследствие перенесения части подготовки на тренажер и сокращения времени обучения на реальном аппарате.

Для сравнения вариантов организации подготовки операторов аппаратов по единому экономическому критерию принимают, что при перенесении части подготовки на тренажер и при использовании для обучения только реального объекта достигается одинаковое качество обучения. Тогда экономическую эффективность тренажера рассчитывают как разность между стоимостями подготовки экипажей на реальном аппарате и на тренажере.

Обучение в реальных условиях. Итак, подготовка на тренажере завершена. Необходимо теперь в натуральных условиях закрепить приобретенные экипажем навыки. Приведем интересный пример управления реальным аппаратом в искусственно созданной аварийной ситуации.

Летом 1977 г. два аппарата типа «Пайсис» выполняли исследования на озере Байкал. Один из них вел работу, а другой обеспечивал страховку: в случае аварии помощи извне больше ждать было не от кого. В один из дней состоялось учение по поиску аварийного аппарата, роль которого исполнял «Пайсис-VII». Достоверно известна была только глубина положения его на грунте. Поиск вел «Пайсис-XI», используя то, что на обоих аппаратах гидроакустические средства связи были исправны.

Участники экспедиции так описывают развитие событий, как бы следя за ними то из одного, то из другого аппарата.

«...«Пайсис-VII». Наружные светильники выхватывают из темносинего пространства желтовато-серое пятно, которое начинает быстро увеличиваться в размерах, постепенно превращаясь в песчано-илистый склон, изрезанный в некоторых местах небольшими грядами галечника. Выбрав подходящую площадку для посадки, гасим вертикальную скорость и мягко приземляемся. По рекомендации с поверхности делаем небольшое перемещение вдоль склона в поисках лучшего места, но попадаем в мутьевой

поток. Видимость резко ухудшается. Возвращаемся на старое место.

«Пайсис-XI». Получив сообщение, что «Пайсис-VII» находится на глубине 210 м, Владимир Кузин, руководитель погружений, специально отводит нас в сторону от места, где лежит «аварийный» аппарат, и дает разрешение на погружение.

Зависнув в 5 м от грунта на глубине 250 м, откачиваем немного баласта и начинаем движение вверх по склону. Глубина 210 м. Останавливаемся и, поворачиваясь на 360°, ищем направление, в котором наиболее громко слышен гидроакустический маяк «Пайсиса-VII». Узконаправленная антенна позволяет очень точно определить это направление. Идем на сигналы, все время выдерживая глубину 210 м. Периодически выключаем освещение и прожекторы, чтобы не пропустить свет «Пайсиса-VII». «Поверхность» не вмешивается, и мы все время переговариваемся с «пострадавшим».

«Пайсис-VII». Наш аппарат висит у склона, зацепившись за него правой лыжей. Выключив все внутреннее освещение, мы напряженно смотрим в иллюминаторы, ожидая появления из темноты «Пайсиса-XI». Несколько средних по величине рыбок голомянок неумоимо взрываются и в поисках пищи, ничуть не обращая внимания на соседство аппарата. Только в Байкале можно увидеть глубоководную, живородящую, холодолюбивую, прозрачную рыбку голомянку.

— Вижу огни! — восклицает Володя Шмелев, и мы начинаем наблюдать за снопом света, который скользит по поверхности склона. Будто кто-то идет в полном мраке, освещая себе дорогу электрическим фонариком.

«Пайсис-XI». Впереди появилось неясное светлое пятно. — Видим вас... — раздается в наушниках голос Алексея Рулева.

Пятно приближается, и из него проступают такие привычные очертания аппарата... Мы еще ни разу не встречали на дне Байкала ничего

привычного. Приближаемся так, что хорошо видим в иллюминаторы лица членов экипажа «Пайсиса-VII».

«Пайсис-VII». Свет от «спасательного» аппарата ударил в глаза. Двое из нашего экипажа принимали участие в предыдущей встрече, но все одинаково возбуждены фантастичностью происходящего. Тяжелый и довольно неуклюжий на суше, под водой аппарат кажется легким и маневренным. С восторгом смотрим, как «Пайсис-XI» висит в двух метрах от нас и, легко повинаясь человеку, выполняет сложные команды...» [32, с. 36].

Управление реальным аппаратом.

В начальной стадии этого этапа обучающийся приобретает опыт пребывания в аппарате в качестве наблюдателя или помощника командира при спуске на воду, погружении, всплытии на поверхность и подъеме на борт судна-базы. Обязанности командира аппарата выполняет опытный инструктор. Все эти операции проводятся не менее пяти раз.

В дальнейшем обучающийся допускается к самостоятельному управлению, а роль инструктора, находящегося с ним рядом в аппарате, сводится к указаниям и контролю. При этом отрабатываются приведенные ниже перечень и последовательность учебных операций: 1 — управление аппаратом на поверхности; 2 — управление погружением и всплытием; 3 — маневрирование в толще воды; 4 — управление аппаратом вблизи грунта; 5 — маневрирование в каньонах; 6 — управление манипуляторами; 7 — имитация научных исследований (взятие проб воды и грунта, измерение течений, фотографирование и т. д.); 8 — обучение с ориентацией на выполнение поставленной задачи (соответственно назначению аппарата).

Продолжительность погружений и темп усложнения учебных операций предусматриваются определенной схемой, составленной с учетом индивидуальных особенностей обучающегося. Каждая из приведенных операций занимает в среднем 3—4 ч

пребывания аппарата на грунте и выполняется не менее двух раз. В пределах допустимости в процессе обучения инструктор применяет аварийные вводные.

В заключение добавим, что Ассоциация командиров глубоководных аппаратов США рекомендует ежегодные аттестации членов экипажей путем медицинского освидетельствования и проведения экзаменов. При хорошем состоянии здоровья и наличии опыта аттестуемый допускается к проверке знаний независимо от возраста. Испытания психологического характера не обязательны.

Требования зарубежных классификационных обществ

В связи с интенсивным развитием технических средств освоения Мирового океана некоторые зарубежные классификационные общества осуществляют надзор за проектированием, строительством, испытаниями и эксплуатацией подводных аппаратов. Наиболее крупными из них являются Регистр Ллойда (Великобритания), Германский Ллойд (ФРГ), Американское бюро судоходства (США), Бюро Веритас (Франция). Выдаваемые ими сертификаты (свидетельства) на отдельные конструкции, системы и на аппарат в целом, присвоение аппарату класса общества служат определенной гарантией безопасности и условием для заключения договора со страховыми компаниями.

Регистр Ллойда объединяет, например, множество независимых страховых юридических лиц. Все получаемые ими страховые премии они обязаны помещать в кредитный фонд, откуда можно брать лишь долю прибыли, а отчисления от премий — в центральный гарантийный фонд. Члены Ллойда (страховые компании) ведут дела с клиентами только через своего рода «адвокатов» — утвержденных маклеров, защищающих интересы клиентуры. В итоге страховые полисы Ллойда

почти абсолютно надежны. Однако для того чтобы владелец аппарата стал клиентом этого объединения, необходимо соответствие аппарата стандартам.

К 1969 г. классификационную проверку с выдачей сертификата прошли только два подводных аппарата — «Элвин» и «Триест». А в начале 1975 г. класс Американского бюро судоходства имели уже 25 обитаемых аппаратов, принадлежащих американским, канадским, английским, французским и итальянским фирмам, и три аппарата получили класс Германского Ллойда.

Требования различных классификационных обществ имеют различия. Объясняется это, с одной стороны, тем, что формируются они на основе анализа проектов и опыта эксплуатации еще небольшого числа подводных аппаратов. С другой стороны, идет непрерывный процесс совершенствования аппаратов, появления новых конструкций и материалов, реализации новых идей. Однако потребность в международной стандартизации хотя бы отдельных требований обеспечения безопасности аппаратов уже настала [20]. К ним можно отнести автономность аппарата по средствам жизнеобеспечения (которая должна быть не менее 72 ч на одного человека), рабочие частоты звукоподводной связи и аварийных маяков и др.

Требования к аппаратам изложены классификационными обществами в соответствующих документах: Правилах, положениях и руководящих указаниях по постройке, классификации и периодическому освидетельствованию подводных аппаратов (Регистр Ллойда); Правилах классификации, постройки подводных аппаратов (Германский Ллойд); Руководство по классификации обитаемых подводных аппаратов (Американское бюро судоходства); Правилах постройки и классификации подводных аппаратов (Бюро Веритас).

В качестве примера приведем структуру Правил Бюро Веритас,

новое и полностью переработанное издание которых выпущено в 1976 г. на английском и французском языках.

Правила состоят из двух частей. В первой части излагаются требования, установленные для присвоения класса. Вторая часть содержит рекомендации, выходящие за пределы классификации, но имеющие значение для Бюро Веритас по составу чертежей и документации проекта; определению нагрузок и элементов конструкции прочного корпуса; насосам, трубопроводам и вспомогательному оборудованию систем; энергетическим и гребным установкам и механизмам; конструкционным листовым и профильным материалам для прочного корпуса, сварным и бесшовным трубам, стальным поковкам, отливкам и прочим материалам; обеспечению безопасности, дыхательным смесям, предупреждению и тушению пожаров, спасательным устройствам и средствам.

Рассмотрим требования к испытаниям подводных аппаратов после их постройки, к освидетельствованиям и осмотрам, сформулированные в правилах и руководствах классификационных обществ.

Регистр Ллойда. Предусматривается регулярное проведение освидетельствований и осмотров аппарата, его корпуса, механизмов, устройств и оборудования.

Перед каждым спуском аппарата на воду проводят полное освидетельствование его и проверку обслуживающим персоналом. Обязательна ежемесячная проверка аппарата теми же силами по специальной программе.

Все аппараты ежегодно обследуют инспекторы Ллойда. Обращается внимание при этом на системы жизнеобеспечения, навигационное оборудование, связь, источники энергии, двигатели, системы управления и др.

Один раз в четыре года инспекторам Ллойда представляют аппараты для так называемого специального

освидетельствования. Проводят испытание прочного корпуса разрушающими методами на отсутствие трещин, герметичность и прочность. Трубопроводы подвергают гидравлическим испытаниям. Системы погружения проверяют на износ, коррозию и надежное действие всех движущихся частей. Системы, содержащие ртуть, контролируют на отсутствие утечки. Газовые баллоны проходят гидравлические испытания, после чего проверяют их внутреннее состояние. Проходят проверку все измерительные приборы.

После ремонтов или модернизаций с использованием нестандартных узлов обязательно освидетельствование аппарата в присутствии инспектора Ллойда.

Германский Ллойд. После постройки подводного аппарата надлежит провести испытания балластных цистерн на герметичность давлением воздуха, испытания всех сальников и закрытий прочного корпуса на герметичность разрежением, испытания прочного корпуса и прочных цистерн на герметичность и прочность испытательным давлением, кренование в надводном положении, кренование и дифферентовку в подводном положении, проверку системы погружения и «оборудования безопасности», ходовые испытания в надводном положении с последующей проверкой водонепроницаемости, ходовые испытания в подводном положении.

Под «оборудованием безопасности» понимаются приборы управления подачи воздуха для дыхания, манометр для замера давления внутри аппарата, устройство для автоматической продувки балластных цистерн и др.

Программу испытаний согласовывают с Германским Ллойдом.

Американское бюро судоходства. После постройки прочный корпус аппарата со всеми выступающими наделками подвергают испытаниям, имитируемым давлением, которое не менее чем на 10 % должно пре-

вышать расчетное. Контролируют герметичность и деформацию корпуса. Остаточные деформации не допускаются.

Затем продолжают испытания аппарата погружением на рабочую глубину. Сначала добиваются нулевой плавучести аппарата (если это возможно) на глубине 30 м. Осматривают доступные сварные соединения и уплотнения, испытывают в работе все находящееся под заборным давлением оборудование, необходимое для обеспечения безопасности аппарата.

В дальнейшем глубину увеличивают на 20 % от значения предыдущей и проводят уже упомянутые осмотры и испытания. Все повторяют до рабочей глубины.

Бюро Веритас. После постройки головного аппарата надлежит провести испытания механизмов; проверку герметичности закрытий прочного корпуса и различных проходов в его обшивке давлением воздуха; испытания в барокамере; проверку остойчивости; проверку на небольшой глубине функционирования устройств, обеспечивающих безопасность; погружение на максимальную рабочую глубину; погружение на глубину, превышающую максимальную; проверку работоспособности аппарата в условиях более тяжелых, чем предусмотрено в проекте; испытания, имитирующие повреждения или аварию, с использованием средств безопасности и спасательных устройств; проверку выносливости (сохранение характеристик аппарата в течение определенного промежутка времени).

Аналогичные испытания, за исключением имитаций аварий и проверки выносливости, проходят и серийные аппараты.

Бюро Веритас назначает периодичность освидетельствования индивидуально для каждого типа подводного аппарата, но не реже одного раза в два года (так называемое специальное освидетельствование). Второе специальное освидетельствование должно выпол-

няться после первого не позже шести месяцев.

Между каждыми двумя специальными освидетельствованиями проводят обычное освидетельствование, которое включает визуальный осмотр наружных конструкций; проверку непроницаемости закрытий прочного корпуса и различных проходов в его

обшивке; испытание оборудования, представляющего интерес для Бюро Веритас; проверку работоспособности устройств; обеспечивающих безопасность.

После ремонтов и модернизации аппарата проводят внеочередные освидетельствования.

Классификационные общества, как органы технического надзора в судостроении и мореплавании, имеют достаточно древнюю историю. Первое классификационное общество, известное теперь как Регистр Ллойда, возникло в Англии в 1790 г. в виде придатка судового страхового общества. В дальнейшем аналогичные классификационные общества одно за другим стали появляться в странах с развитым судоходством: во Франции (Бюро Веритас, 1828 г.), затем в Италии (Итальянский морской регистр, 1861 г.), США (Американское бюро судоходства, 1862 г.), Норвегии (Норвежский Веритас, 1864 г.), Германии (Германский Ллойд, 1867 г.), Японии (Ниппон Кайдзи кекай, 1899 г.), России (Русский регистр, 1899 г.).

В настоящее время подобные классификационные общества функционируют также в ПНР (Польский регистр судов), ГДР (Немецкая судоревизионная и классификационная организация); НРБ (Болгарский судовой регистр), КНР (Регистр судов КНР), ЧССР (Чехословацкий судовой регистр), СФРЮ (Югослав-

ский регистр). В СССР учреждены два классификационных общества: одно для морских судов (Регистр Союза ССР) и другое для речных судов (Речной регистр РСФСР).

Классификационные общества устанавливают технические требования к судам торгового грузового и пассажирского флота в отношении безопасности плавания, а следовательно, в отношении надежности перевозки грузов и охраны человеческих жизней. На основе тщательного рассмотрения проектной и технической документации на судно, его оборудование и материалы, надзора за постройкой и эксплуатацией судна классификационное общество присваивает судну класс, документально оформляя это специальным удостоверением (сертификатом). Присвоение класса означает гарантию технической надежности судна и обеспечивает судовладельцу более выгодные условия страхования судна и груза, а также некоторые другие льготы. Изучая аварии поднадзорных судов и их причины, классификационные общества вправе лишить судно ранее присвоенного ему класса.

ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ В ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Одним из ответственных «участков работы» подводных аппаратов являются поисково-спасательные операции, т. е. работы, связанные с оказанием экстренной помощи экипажам аварийных аппаратов, с

поиском и обеспечением подъема на поверхность различных затонувших объектов. Рассмотрим их организацию и некоторые характерные примеры.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ



Организация поисково-спасательных работ

Успех поисково-спасательных работ во многом зависит от их организации. Для проведения работ создают оперативную группу с единым командованием, штабом и специально выделенными силами и средствами, включая надводные корабли, подводные лодки, вспомогательные, исследовательские океанографические суда, самолеты, вертолеты, подводные обитаемые и необитаемые аппараты и др.

В штаб оперативной группы входят, как правило, специалисты военно-морских сил и гражданских научно-исследовательских учреждений. Для эксплуатации технических средств помимо штатных специалистов флота привлекают инженерно-технический персонал промышленных фирм.

Командование ВМС или правительство страны ставят оперативной группе конкретную задачу и определяют сроки проведения всей операции. В дальнейшем группа разрабатывает планы подготовки и проведения операции, намечает последовательность отдельных этапов, уточняет календарные сроки их выполнения с учетом сведений об аварии, долгосрочного гидрометеорологического прогноза в районе предстоящих работ и т. д.

Организация работ предусматривает подготовительный, основной и заключительный этапы.

Подготовительный этап предполагает следующие работы: анализ исходных данных; разработку плана работ; расчет потребных сил и средств обеспечения; расчет про-

должительности работ для достижения поставленной цели; переход в район, сосредоточение всех выделенных сил и средств; определение и обозначение местными ориентирами рабочей зоны; определение скорости и направления течений, температуры, рельефа дна и состава грунта, магнитного фона, солености, прозрачности и т. п.

Основной этап предусматривает работы: грубоструктурную съемку района гидролокатором бокового обзора и магнитометром буксируемого или автономного необитаемого аппарата с целью получения акустических и магнитных контактов; выявление ложных контактов, обусловленных геологическими неоднородностями (неровностями грунта, магнитными аномалиями), наличием объектов, не относящихся к цели поиска; определения достоверных контактов и порядка их обследования; обследование контактов по фотоснимкам и записям магнитометра или путем осмотра объекта с помощью обитаемых подводных аппаратов; обозначение обнаруженного контакта донным маркером; операцию подъема аварийного объекта или спасения его экипажа.

Заключительный этап объединяет операции: доставку аварийного объекта в базу; приведение сил и средств, участвовавших в операции, в исходное состояние; обработку результатов выполненной работы и составление отчета.

При расчете необходимых для обследования района поиска сил и средств надо исходить из площади района, производительности поисковых сил, необходимого числа покрытий района галсами для достижения заданной вероятности достоверного обследования и, наконец, из заданного для обследования времени, обусловленного, например, продолжительностью работы средств регенерации аварийного объекта, продолжительностью периода благоприятных гидрометеорологических условий в районе поиска и другими факторами.

Для сокращения времени обследования заданного района можно использовать несколько поисковых судов, идущих строем фронта или уступа с однотипными средствами поиска, или другие силы.

Примером подобного использования сил при поиске служит обследование вероятного пути атомной подводной лодки «Скорпион» от места последнего радиосеанса перед катастрофой к базе Норфолк.

В дальнейшем будет показано, что продолжительность поисково-спасательных работ в зависимости от информации о месте и обстоятельствах аварии, гидрометеорологических и других условий колеблется от десятков часов до нескольких месяцев.

Навигационное обеспечение

Навигационное обеспечение поисково-спасательных работ выполняется надводными и подводными навигационными системами. Надводные системы используются для обеспечения выхода судна-носителя в заданную точку (зону) океана. По данным зарубежной печати, средняя квадратическая ошибка определения места судна-носителя астронавигационной системой составляет до 5,5 км при неограниченной дальности действия. Средние квадратические ошибки определения места радионавигационными системами составляют от ста до 1,5—2,0 км в зависимости от удаления района поиска от передающих станций систем.

Спутниковая радионавигационная система «Транзит» теоретически обеспечивает средние квадратические ошибки около 180 м в любом месте Мирового океана. Однако при использовании ее во время поиска атомной подводной лодки «Скорпион» ошибка достигла 450 м.

Как видно из сопоставления характеристик различных систем, наибольшую точность для районов океана, удаленных от побережья,

имеет спутниковая радионавигационная система, но и эта точность недостаточна для сплошного обследования любого заданного района. Поэтому для обследования районов, удаленных от побережья, разработаны и применяются специальные подводные навигационные системы и средства.

В навигационных целях при обследовании небольших участков грунта во время поиска лодки «Трешер» применялась сетка маркеров. Маркеры представляли собой разноцветные пластмассовые пластинки с нанесенными на них цифрами и буквами. К пластинкам с помощью нейлонового троса прикреплялся металлический груз цилиндрической формы, массой 9 кг. В определенной последовательности через равные промежутки времени маркеры сбрасывали на грунт с надводного судна. Начальную и конечную точки сброса каждого галса отмечали на планшете с помощью радионавигационной системы, а промежуточные точки — через равные временные интервалы, считая скорость перемещения судна равномерной. Оператор подводного аппарата, обнаружив с помощью телевизионной камеры или через иллюминатор номер маркера, мог определить его относительное место по планшету с точностью, равной интервалу между маркерами.

В другом случае использовался обычный метод исчисления: с помощью лага и гирокомпаса велась прокладка судна, буксирующего необитаемый подводный аппарат. Но на больших глубинах из-за значительной длины вытравленного кабеля-буксира боковые отклонения аппарата с датчиками достигали существенной величины, и местоположение аппарата определялось с большой погрешностью. Отклонения аппарата вызывались воздействием течений и несимметричностью обводов корпуса.

Наиболее эффективны подводные гидроакустические навигационные системы с донными маяками-ответчи-

ками. Они делятся на системы с длинной и короткой базой. Система с длинной базой предусматривает установку нескольких маяков-ответчиков на дне океана с расстоянием между ними в несколько миль и одного гидрофона на судне. В системе с короткой базой, наоборот, на дне океана размещается один маяк-ответчик, а на судне — несколько гидрофонов с расстоянием между ними в несколько метров. В последние годы за рубежом успешно применяются навигационные гидроакустические системы с ультракороткой базой, работающие с одним донным маяком-ответчиком и одним гидрофоном (многоэлементной антенной) на борту судна.

Навигационная система с короткой базой УТЕ, установленная на судне «Мизар», показала хорошие результаты. Ее использовали почти при всех проводимых в 1964 г. с помощью этого судна поисковых работах. На подводной части корпуса судна в вершинах равнобедренного треугольника со сторонами 15 м были размещены три гидрофона. Маяки-ответчики располагали: один — на грунте, другой — на аппарате, буксируемом судном «Мизар». Гидрофон донного маяка-ответчика с помощью запаса плавучести отстоял от грунта на 18—20 м. По запросу судовых гидрофонов донный маяк-ответчик и маяк-ответчик буксируемого аппарата давали ответные сигналы. По разности времени прихода сигналов на три судовых гидрофона устанавливалось направление (пеленг) на донный маяк-ответчик и на маяк-ответчик аппарата. Наклонная дальность до маяков определялась по времени прохождения ответного сигнала и по известной скорости звука, а горизонтальная — по наклонной дальности и измеренной глубине. Все расчеты велись на борту судна на навигационной ЭВМ. По мнению специалистов США, средняя квадратическая ошибка такой системы на глубинах до 6000 м

составляет 30 м. На меньших глубинах величина ошибки уменьшается.

Кроме маяков-ответчиков, в подводной навигации применяют синхромаяки, выдающие акустические сигналы через равные, точно определенные промежутки времени. Они обеспечивают среднюю квадратическую ошибку определения места буксируемого аппарата до нескольких метров. Синхромаяки дают возможность принимать сигнал одновременно несколькими подводными аппаратами. Однако с течением времени они накапливают ошибку, а относительно большое потребление энергии снижает срок их автономности по сравнению с маяками-ответчиками.

Совмещение в одном устройстве синхромаяка и маяка-ответчика приносит несомненную выгоду. Режим работы такому устройству можно задавать предварительно по программе или дистанционно по гидроакустическому каналу. Стоимость совмещенного устройства около 5000 дол., что всего на 25—40 % превышает стоимость современных маяков-ответчиков.

В связи с высокой стоимостью маяков-ответчиков и синхромаяков их используют многократно. Для освобождения маяка-ответчика от якоря-балласта применяют простое и надежное устройство. Якорь отделяется по команде, переданной по гидроакустическому каналу, или по истечении заданного времени.

Особое значение при плавании подводных аппаратов в непосредственной близости грунта со сложным рельефом приобретают установленные на них эхолоты, работающие вниз (к грунту) и вверх (к поверхности океана). Такая схема принята для сохранения заданного отстояния буксируемого аппарата от дна. При медленно изменяющемся рельефе сигналы обоих эхолотов передаются по кабель-буксир на судно-носитель и вводятся в схему управления приводом буксирной лебедки, а лебедка вытравливает или подбирает кабель-буксир, сохра-

няя тем самым заданное отстояние аппарата от грунта.

На обитаемых аппаратах эхолоты функционально связаны с системой стабилизации аппарата и тоже обеспечивают сохранение заданного отстояния от грунта, например, при выходе на искомый объект.

Спасательные аппараты

DSRV (США)

Водоизмещение, т	34
Глубина погружения, м	1500
Скорость подводная, уз	5
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	36
по запасам электроэнергии при скорости 3 уз	12
Экипаж, чел.	3
Число спасаемых за один рейс, чел.	24

Трагическая гибель подводной лодки «Трешер», унесшая 129 жизней, послужила толчком к пересмотру способов спасения подводников. В итоге командование ВМС США приняло решение о создании новой системы спасения, основу которой составили спасательные аппараты DSRV, способные эвакуировать на поверхность экипажи затонувших подводных лодок с любых глубин до предельных включительно. Принципиально спасательная операция протекает следующим образом. Аппарат доставляют к месту аварии на палубе атомной подводной лодки, затем он отделяется, идет самостоятельно на сближение с лодкой, потерпевшей аварию, выполняет операцию посадки на комингс-площадку спасательного люка (ту самую, на которую при старом способе спасения опускали колокол Маккена) и присасывается к ней. Посадку обеспечивает манипулятор аппарата, посредством которого трос-проводник крепится к рыму крышки спасательного люка лодки, а комингс-площадка очищается от водорослей и ила. Последнее выполняется с помощью металлической щетки и шланга для подачи воды, которые удерживаются

и направляются захватом манипулятора. Окончательная стыковка выполняется подтягиванием аппарата к комингс-площадке за трос-проводник специальной лебедкой, размещенной в камере присоса. После стыковки, удаления воды из камеры присоса и выравнивания давления в спасательной шахте лодки и шлюзовой камере аппарата 24 члена спасаемого экипажа лодки переходят в аппарат, который затем возвращается к лодке-носителю и осуществляет посадку на нее аналогичным образом. Для полного спасения экипажа современной атомной подводной лодки эта операция должна повторяться пять-семь раз. Продолжительность одной операции составляет 16—17 ч. Таким образом, даже при использовании двух спасательных аппаратов, около 69 ч потребуется только на эвакуацию терпящего бедствие экипажа. Естественно поэтому, что быстрота доставки DSRV к месту аварии тем более необходима для успеха всей операции.

Обеспечение возможности переброски DSRV воздушным транспортом было одним из основных требований, предъявленных военноморскими силами США проектанту аппарата. Из пункта своего базирования аппарат доставляется автотрейлером на аэродром [12]. Туда же в автофургоне перевозят обеспечивающее аппарат оборудование. Все это грузят в реактивные транспортные самолеты типа С-141 и доставляют в аэропорт, ближайший к району аварии, а оттуда снова автотранспортом — в пункт базирования атомной подводной лодки-носителя. Последняя развивает с аппаратом скорость до 15 уз.

Расчетное время доставки аппарата рассмотренным образом из пункта его базирования к месту проведения спасательных работ, расположенному в любом районе Мирового океана, не превышает 42 ч [12].

Подводная лодка-носитель может транспортировать спасательный ап-

парат в район аварии в подводном положении. Это позволяет проводить спасательные работы даже в штормовых условиях. ВМС США модернизировали 40 подводных лодок для возможности выполнения ими роли носителя DSRV, если возникнет в этом необходимость.

Надводным судном обеспечения работы аппарата является специально оборудованный для этого катамаран типа ASR. Он способен также доставить аппарат к месту спасательных работ, т. е. выполнить функцию носителя. Максимальная скорость его 15 уз. На палубе размещается два аппарата DSRV. Судно имеет устройства для подъема и спуска аппаратов на воду, для зарядки аккумуляторных батарей и другое обеспечивающее оборудование.

Программой развития глубоководной техники (США) предусматривалось строительство сначала двенадцати аппаратов DSRV, затем число их было снижено до шести, поскольку задача оказалась достаточно сложной и потребовала к тому же расходов в 10 с лишним раз больше первоначально запланированной суммы. В итоге построено только два аппарата — DSRV-1 и DSRV-2, введенные в строй, как сообщили ВМС США, в 1978 г.

Прочный корпус DSRV состоит из трех сфер диаметром 2,28 м, соединенных между собой. Носовая сфера служит для размещения двух членов экипажа, приборов и аппаратуры управления. В средней и кормовой сферах размещается спасаемый личный состав аварийной лодки и врач-физиолог — всего 25 человек за один рейс. По средствам регенерации системы жизнеобеспечения рассчитана на работу в течение 12 ч для носовой сферы (с резервом на 24 ч), а для средней и носовой сфер — по 2 ч на один рейс для каждой (с разрывом на 24 ч).

Средняя сфера соединена с кормовой непосредственно, а с носовой — через шлюзовую камеру,

которая, в свою очередь, соединяется с камерой присоса. Средняя сфера имеет также люк в своей верхней части. Поступательное движение аппарата осуществляется с помощью маршевого винта в поворотной насадке. Кроме того, имеются подруливающие устройства. Подъем и погружение выполняют с помощью вертикального винта. Источником энергии служат серебряно-цинковые аккумуляторные батареи, рассчитанные на 12 ч работы при скорости хода 3 уз [30, 35]. Максимальная подводная скорость 5 уз. Рабочая глубина аппарата 1500 м в достаточной мере перекрывает предел допустимого погружения современных атомных подводных лодок США [30, 35].

Гидроакустическое оборудование аппарата позволяет ему поддерживать связь с лодкой-носителем, обеспечивающим судно и подводной лодкой, а также ориентироваться в обстановке — выявлять препятствия по ходу движения в полосе 480 м и на дистанции по курсу до 1450 м, определять свое отстояние от поверхности и грунта, скорость относительно грунта и дистанцию до аварийной лодки.

Высокочастотный гидролокатор, антенна которого находится в камере присоса, обеспечивает маневрирование над палубой аварийной лодки и распознавание комингс-площадки ее спасательного люка, когда среда имеет низкую прозрачность и визуальные средства наблюдения малоэффективны. При удовлетворительной видимости для посадки на комингс-площадку служат телевизионные камеры, светильники и иллюминатор со зрительным устройством в камере присоса. В обоих случаях стыковка выполняется с точностью до 5 см, при наклоне палубы аварийной лодки до 45° и скорости придонного течения до 3 уз [46]. Крен и дифферент аппарата, необходимые для посадки на наклонную палубу, создаются ртутной крено-дифферентной системой.

URF (Швеция)

Водоизмещение, т	49
Глубина погружения, м	460
Скорость подводная, уз	3
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	40
по запасам электроэнергии при скорости 2 уз	10
Экипаж, чел.	5
Число спасаемых за один рейс, чел.	25

В апреле 1978 г. в Мальме произведен спуск на воду строившегося для ВМС Швеции спасательного аппарата URF. Аппарат предназначен для спасения экипажа с терпящих бедствие подводных лодок. Он будет постоянно базироваться в Центре подготовки водолазов недалеко от Стокгольма в г. Съедел. Схема спасательной операции такова.

После приема извещения об аварии аппарат доставляется авто-трейлером в ближайший к району аварии порт. В каждом порту должны находиться и всегда быть готовы к немедленному использованию слипы, спуско-подъемные устройства и судно-буксир, которое буксирует аппарат к месту спасательных работ. При волнении моря более 3 баллов аппарат буксируется в подводном положении. Во время буксировки электропитание аппарата осуществляется с судна по кабелю через герметичный разъем, управляемый дистанционно. Выход на аварийную подводную лодку, стыковку с комингс-площадкой ее люка и прием партии спасаемых подводников (25 человек за один рейс) выполняют примерно так же, как аппаратом DSRV. Затем аппарат всплывает на поверхность, передает подводников на обеспечивающее судно, и цикл повторяется.

Прочный корпус аппарата состоит из четырех отсеков — двух сфер и находящегося между ними цилиндра, разделенного на два отсека. Все четыре отсека — операторский, спасательный, машинный и водолазный — оборудованы индивидуаль-

ными системами регенерации. Носовой сферический отсек предназначен для размещения двух операторов — членов экипажа, приборов и пультов управления. Отсек имеет верхний люк для выхода и входа операторов в аппарат, когда он находится в надводном положении. Спасательный отсек служит для приема партии экипажа аварийной подводной лодки. Эвакуация ее из аппарата на обеспечивающее судно выполняется через верхний люк отсека. Водолазный отсек имеет тоже два люка — верхний, предназначенный для надводного положения, и нижний, шлюзовой, для выхода водолазов в воду. Отсек может служить декомпрессионной камерой. В машинном отсеке находится бортмеханик.

Наличие водолазного отсека и водолазов является отличительной и оригинальной особенностью аппарата URF. В случае если комингс-площадка аварийной лодки повреждена или на ней находятся обломки, которые не могут быть убраны манипулятором и мешают нормальной стыковке с ней аппарата, спасение подводников производится следующим образом. Аппарат ставится на якоря или на выдвижные гидравлические опоры над спасательным люком лодки в нескольких метрах от него. Два водолаза выходят из аппарата и занимают места у спасательного люка. Затем подводники покидают поочередно лодку методом свободного всплытия и направляются подстраховывающими их водолазами в шахту четвертого отсека аппарата, где производится их декомпрессия. Все это избавляет экипаж аварийной подводной лодки от риска и множества неприятностей, сопровождающих свободное всплытие на поверхность. Конечно, подобное спасение подводников аппаратом возможно только при ограниченных глубинах.

Водолазы имеют телефонную связь с аппаратом. Кроме того, за ними ведут наблюдение операторы с помощью телевизионной камеры

и через иллюминаторы носового отсека, поскольку работают водолазы обычно в зоне их видимости.

Шведские разработчики URF считают, что подобные аппараты будут применяться для спасения экипажей не только подводных лодок, но и подводных аппаратов и других подводных обитаемых сооружений. Выражается надежда на разработку международных стандартов спасательных систем.

«Тихиро» (Япония)

Водоизмещение, т	30 -
Глубина погружения, м	600
Скорость подводная, уз	3
Автономность подводная, ч:	
по средствам жизнеобеспечения	
по запасам электроэнергии при скорости 3 уз	3
Экипаж, чел.	6
Число спасаемых за один рейс, чел.	12

Опытный образец аппарата «Тихиро» спущен на воду в январе 1978 г. и в феврале передан Научно-исследовательскому центру управления национальной безопасности. Основное назначение его — спасение экипажей затонувших подводных лодок с глубин до 600 м, но он может быть использован и для проведения подводных исследований.

Прочный корпус аппарата выполнен в виде двух сфер и цилиндра с полусферическими оконечностями, соединенных между собой. В носовом сферическом отсеке диаметром 2,4 м размещаются два оператора, управляющих аппаратом. Второй, цилиндрический отсек такого же диаметра предназначен для спасаемых подводников — за один рейс аппарат принимает 12 членов экипажа аварийной лодки. В нем же при работе аппарата по научной программе располагаются четыре специалиста-исследователя. Третий сферический отсек диаметром 1,6 м, по существу, является шлюзовой камерой и камерой присоса.

Характерная особенность «Тихиро» — наличие ЭВМ в системе

управления движением аппарата вблизи аварийной лодки и в системе посадки его на комингс-площадку. Другая особенность — доставка аппарата к месту спасательных работ судном-носителем на воздушной подушке.

С конца 1970-х годов зарубежные фирмы, занимающиеся разработкой и строительством подводных аппаратов, уделяют все большее внимание созданию необитаемых подводных аппаратов различного назначения. Исключительно перспективным, по мнению специалистов ВМС США, следует считать многоцелевой автономный самоходный необитаемый аппарат СМАРТ, предназначенный для решения широкого круга задач, в том числе задач поиска, обнаружения и обследования затонувших объектов на больших глубинах.

Первые теоретические исследования с целью определения возможности создания такого аппарата начались в США в 1976 г. Они показали, что аппарат должен иметь скорость не менее 5 уз при автономности до 1 тыс. миль. Рассматривались различные виды источни-

ков питания. После всесторонних испытаний предпочтение было отдано литиевым батареям.

В качестве основной аппаратуры планируется установка гидролокатора бокового обзора, магнитометра, телевизионной камеры с записью на бортовой видеомагнитофон, манипулятора, а также мини-ЭВМ. В перспективе предполагается снабдить аппарат датчиками, которые обеспечат адаптацию к окружающей среде. Такой подводный робот, имеющий систему распознавания образов и искусственный интеллект, будет способен решать задачи, заданные программой, и самостоятельно ориентироваться в изменяющейся внешней обстановке.

Первый образец аппарата СМАРТ имеет длину 6 м, диаметр 1,2 м, дальность плавания при скорости 5 уз 135 миль (при свинцово-кислотных батареях), рабочую глубину погружения 457 м. Форма корпуса торпедообразная. В перспективе (с окончанием разработок литиевых батарей) предполагается увеличить рабочую глубину до 6 тыс. м, а дальность плавания до 1 тыс. миль.

ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Поиск и спасение аварийных подводных аппаратов

Поиск и подъем аппарата «Элвин» (США)

Подводный аппарат «Элвин» затонул 16 октября 1968 г. в 135 милях юго-восточнее своей базы Вудс-Холл на глубине около 1500 м. Аппарат затонул без экипажа. Это существенное обстоятельство позволило выделить время для тщательной пред-поисковой подготовки. Обозначив якорным бумом место аварии, судно-носитель «Лулу» совместно с судами «Коснолд» и «Чейз» провело крупномасштабную гидроакустическую съемку грунта в районе вероятного местонахождения «утопленника». По полученным данным специалисты Вудс-холлского океанографического института составили батиметрическую карту. После этого начался собственно поиск «Элвина» с помощью обитаемого аппарата ДОВБ. Однако успеха он не принес, и в ноябре из-за плохой погоды работы приостановили.

В июне 1969 г. поиск «Элвина» был возобновлен. На этот раз работу возложили на океанографическое судно «Мизар» с буксируемым необитаемым аппаратом НРЛ, оснащенным гидролокатором бокового обзора, магнитометром и фотокамерами. К сожалению, якорный буй в районе аварии обнаружить не удалось (по-видимому, трос буй оборвало рейсовое судно), и размеры района поиска пришлось увеличить.

Ориентация обеспечивалась гидроакустической навигационной системой УТЕ с донным маяком-ответчиком. Информация, получаемая в процессе поиска, обрабатывалась специалистами на борту «Мизара».

Каждый поисковый галс судна продолжался около 10 ч. На четвертом галсе был обнаружен кусок нейлонового троса от упомянутого выше якорного буйа. На седьмом галсе «Элвин» был обнаружен и сфотографирован.

Фотоснимки показали, что «Элвин» лежит на илистом грунте с небольшим креном на левый борт, погрузившись в ил на 0,5 м. Видна была поврежденная при ударе о грунт насадка маршевого винта.

Подъем «Элвина» планировался судном «Мизар», а обеспечивать его поручили аппарату «Алюминаут» с его судном-носителем «Стеси Тайд». Опыта подъема обитаемого аппарата с глубины 1500 м еще не было. Вызывали опасение динамические нагрузки, которые должны были возникнуть в подъемном тросе из-за качки «Мизара». Варианты подъема с применением нейлоновых и стальных тросов различных диаметров были просчитаны на ЭВМ. На основании полученных результатов решили поднимать «Элвин» нейлоновым тросом диаметром

18,3 мм и длиной 2100 м через центральную шахту судна «Мизар».

Оперативная группа в составе судов «Мизар» и «Стеси Тайд» с аппаратом «Алюминаут» прибыла 5 августа в Бостон, где было проверено и взято на борт необходимое для подъемных работ оборудование (лебедки, тросы, якоря, понтоны, маяки-ответчики и т. д.). 14 августа «Мизар» и «Стеси Тайд» пришли в район аварии. На грунте установили два донных маяка-ответчика, работающих на различных частотах: один для приема запросов и выдачи ответов на «Мизар», другой — на «Алюминаут». Один из маяков, предназначенный для связи с «Алюминаутом», имел импульсный светильник для обнаружения его аппаратом на малых дистанциях.

Основу подъемной системы составлял нейлоновый трос. На ходовом конце троса был закреплен Т-образный стержень. Затем к тросу последовательно крепились импульсный светильник и гидроакустические маяки-ответчики для связи с «Алюминаутом» и «Мизаром» (в 15 м от стержня), два свинцовых шара по 450 кг каждый и якорь Стимсона (в 150 м от стержня).

Весь этот 150-метровый концевой участок троса для удобства доставки его «Алюминаутом» к аварийному «Элвину» был уложен в шесть шлагов, скрепленных хлопчатобумажным шнурком. Верхний конец подъемного троса на все время подготовительных работ крепился к понтону.

Девятнадцатого августа подъемную систему спустили на грунт и после двухчасового маневрирования «Мизара» и «Алюминаута» ходовая часть троса была размотана и уложена вблизи «Элвина». Начались попытки вставить стержень с распоркой в люк аварийного аппарата, который, к счастью, оказался открытым. Видимость у грунта составляла 9—12 м, скорость течения — 0,5 уз. Несколько раз «Алюминаут», удерживая конец подъемного троса со стержнем в захвате манипулятора,

набирал высоту над рубкой «Элвина» и каждый раз соскальзывал с нее. После 17 ч безуспешных маневров, когда содержание CO_2 в аппарате стало близким к критическому, «Алюминаут» всплыл на поверхность. Штормовая погода не позволяла зарядить аккумуляторы аппарата на плаву. Манипуляторы нуждались в ремонте. Все это требовало перерыва в работах. «Мизар» и «Стеси Тайд» с «Алюминаутом» на буксире ушли в Вудс-Холл.

Вторая попытка подъема «Элвина» началась 27 августа. Подъемный трос, оставленный в районе аварии на якорном буге, от шторма не пострадал. Теперь море было спокойным. К этому времени изготовили стержень с распоркой улучшенной конструкции. Его закрепили на конце семиметрового отрезка троса, другой конец которого имел глаголь-гак для соединения с ходовым концом подъемной системы.

«Алюминаут» обнаружил «Элвина» носовым гидролокатором с дистанции 450 м. Через 5,5 ч он разрушил манипулятором стеклопластиковое ограждение рубки аварийного аппарата, еще через 3 ч ввел новый стержень в люк и поставил распорку на стопор и, наконец, еще через час закрепил глаголь-гак на подъемном тросе. Маяк-ответчик, предназначенный для связи с системой «УТЕ», «Алюминаут» перенес как можно ближе к аппарату «Элвин». На этом подготовительные работы на грунте были закончены.

Погода в районе работ оставалась хорошей. «Мизар» подошел к понтону. Коренной конец подъемного троса, отсоединенный от понтона, пропустили через центральную шахту судна и закрепили на тяговой лебедке. После некоторого маневрирования, ориентируясь на донный маяк-ответчик, «Мизар» встал точно над «Элвином». Отрыв от грунта и подъем аппарата не встретили затруднений. На глубине 15 м водолазы осмотрели «Элвин» и завели сталь-

ной подъемный строп за штатный рым аппарата. Затем перевели «Элвин» на правый борт «Мизара» и попытались продуть сжатым воздухом балластные цистерны. Однако из-за трещин и разрывов в легком корпусе (образовавшихся, очевидно, при ударе аппарата о грунт) воздух вытравился и продувка не получилась. Откачать воду из прочного корпуса также не удалось. Все это отложили до прихода в базу.

Для буксировки «Элвина» в Вудс-Холл его остропили к трем понтонам, а водолазы завели вокруг аппарата нейлоновую сеть, чтобы предотвратить утерю отдельных деталей и устройств во время перехода. 31 августа «Мизар», ведя на буксире «Элвин», пришел в Вудс-Холл. Скорость буксировки на всем переходе не превышала 2,5 уз. На следующий день «Элвин» был поднят плавучим краном на борт и осушен.

Общая продолжительность операции поиска, подъема и доставки аппарата «Элвин» в базу составила около трех месяцев.

Спасение аппарата «Джонсон Си Линк» (США)

В июне 1973 г. аппарат со шлюзовым отсеком «Джонсон Си Линк» застрял в бортовой пробойне затопленного на глубине 110 м американского эсминца «Бэрри», запутавшись в леерном ограждении палубы.

Обеспечивающее судно «Си Дайвер» не имело средств для оказания помощи аварийному аппарату и сообщило об этом в военно-морскую базу США Сан-Диего, находящуюся в 12 милях от места аварии. Через 6 ч в район аварии пришло спасательное судно подводных лодок «Тринга». Еще 6,5 ч потребовалось для постановки его на четыре бочки. Поздно ночью водолазы «Тринги» обнаружили «Джонсон Си Линк», но из-за сильного придонного течения, доходившего до 5 уз, не смогли к нему приблизиться.

Вторая попытка оказания помощи «Джонсон Си Линку» водолазами

«Тринги» была предпринята на следующий день после доставки из Сан-Диего водолазного колокола. Однако и она не привела ни к чему.

Вскоре из Майами к месту аварии был доставлен обитаемый аппарат «Перри Кэбмарин-08»¹ — сначала автотранспортом в район Ки-Уэста, затем на палубе дизельной подводной лодки «Амерджек». Но и он не смог преодолеть подводного течения.

Наконец, к месту аварии из Сан-Диего прибыло судно «Вууд», с которого к аппарату «Джонсон Си Линк» опустили управляемый по кабелю захват с телевизионной камерой. Захват завели за леер палубного ограждения эсминца и оборвали его, после чего освобожденный аппарат самостоятельно выбрался из пробоины и всплыл на поверхность.

Как уже отмечалось выше, спасательная операция продолжалась 30 ч. В течение всего этого времени пилот и наблюдатель, находившиеся в носовом отсеке аппарата, поддерживали связь по гидроакустическому каналу с обеспечивающим судном и по проводному каналу — с кормовым водолазным отсеком.

Толстостенный акриловый корпус носового отсека служил хорошим теплоизолятором. Вследствие этого температура в отсеке в период спасательных работ сохранялась в пределах, исключающих переохлаждение экипажа и обеспечивающих нормальную работу системы поглощения углекислого газа (температура заборной среды составляла 4,5 °C).

Напротив, водолазный отсек, изготовленный из алюминиевого сплава и не имевший внутреннего теплоизоляционного покрытия, плохо держал тепло. Акванавты К. Линк и А. Стоуэр были легко одеты и начали быстро замерзать. Кроме того, снижение температуры в отсеке ухудшило работу поглотителя углекислоты. В результате, предположительно через 15—16 ч после аварии,

¹ Или PC-08.

акванавты скончались от переохлаждения и от отравления двуокисью углерода.

Поиск и спасение аппарата «Пайсис-3» (Канада)

Аппарат «Пайсис-3» затонул 29 августа 1973 г. на глубине 420 м в 150 милях юго-западнее ирландского порта Корк. Авария произошла во время всплытия после 9 ч работы у грунта.

Немедленно после аварии обеспечивающее судно «Виккерс Вояжер» передало указание экипажу аппарата ограничить переговоры друг с другом (для экономии кислорода), сообщило об аварии по радио и установило в районе затопления маркерные буи. Согласно разработанному плану спасательных работ два аналогичных аппарата «Пайсис-2» и «Пайсис-5», работавшие в это время, соответственно, у берегов Шотландии в Северном море и у побережья Новой Шотландии (Канада), были срочно транспортированы самолетом в Корк, приняты на борт судна «Виккерс Вояжер» и доставлены к месту аварии. Почти одновременно канадское кабельное судно «Джон Кэбот» доставило из Корка к месту спасательных работ необитаемый управляемый по кабелю самоходный рабочий аппарат КУРВ-3. В Корк его переправили самолетом из Сан-Диего (Калифорния). Отметим, что транспортировка КУРВ-3 из Калифорнии до места работ заняла 38 ч.

В это время погода в зоне спасательных работ ухудшилась: высота волн достигла 3,6 м, скорость ветра 20 м/с. Прогноз погоды говорил о дальнейшем усилении ветра.

Утром 31 августа «Пайсис-2» произвел первое погружение. Забегая вперед, следует сказать, что ни «Пайсис-2», ни «Пайсис-5» не обладали тяговым усилием, необходимым для доставки к аварийному аппарату подъемного нейлонового троса диаметром 65 мм. Поэтому целью погружения «Пайсиса-2» была доставка

к аварийному объекту не подъемного троса, а троса-проводника диаметром 25,4 мм. Этому тросу-проводнику надлежало выполнить роль ориентира для КУРВ-3 — главного исполнителя по доставке подъемного троса к аварийному аппарату. Итак, «Пайсис-2» произвел первое погружение. Аварийный аппарат он обнаружил достаточно быстро. «Пайсис-3» лежал на грунте с дифферентом на корму. Однако закрепить на нем трос-проводник аппарату «Пайсис-2» не удалось — при выполнении этой работы он повредил свой манипулятор. Кроме того, аварийная сигнализация указывала на течь в кормовой части корпуса. «Пайсис-2» всплыл на поверхность для ремонта и участия в операции больше не принимал.

«Пайсис-5» обнаружил аварийный аппарат только после одиннадцати часов поиска. Работая манипулятором, операторы «Пайсиса-5» с большим трудом в условиях плохой видимости завели трос-проводник в подъемный рым «Пайсиса-3» и закрепили его. По свидетельству одного из участников работы, эта операция напоминала продевание нитки в иголку в темноте.

Рано утром 1 сентября на погружение ушел КУРВ-3. Крепление подъемного троса к «Пайсису-3» предусматривалось посредством стержня с распоркой подобно тому, как это было сделано при подъеме аппарата «Элвин». При выходе на аварийный аппарат КУРВ-3 удерживал трос-проводник в зоне видимости своей телевизионной камеры и светильников. Но все же и здесь не обошлось без неприятностей. Вода залила разъем кабеля КУРВ-3, вызвав короткое замыкание. Пришлось поднять аппарат на поверхность. Поврежденный участок кабеля был отрезан, и кабель подсоединили непосредственно к пульту управления внутри транспортного контейнера, размещенного на палубе обеспечивающего судна «Джон Кэбот». Кроме того, вышел из строя гирокомпас аппарата. Его заменили

водолазным компасом, который установили в зоне видимости правой телевизионной камеры КУРВ-3.

В 9 ч 42 мин КУРВ-3 начал второе погружение. В 10 ч 40 мин стержень на конце подъемного троса был заведен в люк выгородки электро-масляного насоса уравнильной цистерны и надежно закреплен распоркой. После этого начался подъем аварийного аппарата. Когда «Пайсис-3» был поднят на 18 м, легководолазы завели дополнительный трос к кормовой части аппарата, с тем чтобы придать ему горизонтальное положение. В 13 ч «Пайсис-3» появился на поверхности. Пилот и его помощник вышли из аппарата и на резиновой шлюпке были доставлены на борт «Виккерс Вояжера».

Необходимо отметить, что за 75 ч 50 мин аварийного пребывания на грунте экипаж очень экономно расходовал дыхательную смесь. Наибольшую же неприятность, по свидетельству экипажа, причинял холод.

Спасение РС-9 (США)

9 марта 1978 г. в 7 ч утра подводный аппарат РС-9 приступил к работе в Северном море в 70 милях восточнее Шотландии. Обеспечивающим судном было «Сабси-2». Работая у нефтебуровой скважины на глубине около 100 м, через 5 ч 15 мин после погружения аппарат запутался в полипропиленовом тросе, случайно оказавшемся на грунте. Самостоятельно всплыть аппарат смог только на 20 м. Убедившись, что дальнейшее всплытие невозможно, командир РС-9, связавшись с обеспечивающим судном по гидроакустическому каналу, вновь опустился на грунт и стал ожидать помощи водолазов судна «Сивей Игл», прибытие которого ожидалось утром следующего дня.

Рано утром 10 марта к месту аварии одновременно с судном «Сивей Игл» подошло также судно «Интерсаб-3», имеющее на борту

подводный аппарат со шлюзовым отсеком РС-1202. После неудачных попыток спуска с судна «Сивей Игл» водолазного колокола было признано необходимым отказаться от помощи водолазов и сосредоточить усилия на оказании помощи РС-9 аппаратом РС-1202.

В 5 ч 25 мин 10 марта аппарат РС-1202 был спущен на воду, в 6 ч 50 мин он установил визуальный контакт с РС-9, в 7 ч 45 мин акванавт РС-1202 вышел из шлюзовой камеры аппарата и в 7 ч 55 мин перерезал полипропиленовый трос, освободив от него аварийный аппарат. В 8 ч 23 мин РС-9 всплыл на поверхность и был поднят затем на палубу обеспечивающего судна «Сабси-2».

Таким образом, аппарат находился в погруженном состоянии около 27 ч, в том числе в аварийном состоянии около 22 ч. Основная часть спасательной операции (с момента спуска на воду аппарата РС-1202 до освобождения РС-9 от троса) заняла 2 ч 30 мин.

Следует отметить, что после трехчасовых неудачных попыток РС-9 освободиться самостоятельно командир обеспечивающего судна принял единственно правильное решение — оценив обстановку с учетом опыта аварий аппаратов «Джонсон Си Линк» и «Пайсис-3», дал указание командиру аварийного аппарата лечь на грунт и ждать помощи, экономя электроэнергию и дыхательную смесь.

Вывод РС-1202 на аварийный объект был облегчен заблаговременной установкой на грунте в районе аварии маркерного акустического маяка и своевременным включением наружных светильников аппарата РС-9.

Поиск затонувших подводных лодок

«Трешер» (США)

Одиннадцатого апреля 1963 г. телеграфные агентства мира передали сообщение о катастрофе: утром

10 апреля в Атлантическом океане в 220 милях от Бостона на глубине 2800 м затонула при глубоководных испытаниях атомная подводная лодка ВМС США «Трешер».

В ночь на 10 апреля «Трешер» в сопровождении спасательного судна «Скайларк» направилась в назначенный район для проведения глубоководных испытаний. На борту лодки кроме экипажа находились 17 гражданских специалистов — представителей промышленных фирм и завода-строителя.

Программа испытаний предусматривала погружение лодки до предельной глубины со скоростью вначале 8 м/мин, а затем 3 м/мин с выдержкой времени через каждые 30 м. Командир лодки был обязан выходить на связь с обеспечивающим судном по гидроакустическому каналу каждые 15 мин и докладывать о глубине погружения, об изменениях в курсе и скорости хода.

Доклад о готовности «Трешер» к погружению был получен «Скайларком» в 7 ч 30 мин, когда лодка находилась в 10 милях от него и шла под перископом. Дальнейший ход событий можно представить следующим образом [9]:

07.47 — подводная лодка «Трешер» начала глубоководное погружение; 07.54 — с борта лодки получено сообщение: «Все в порядке, продолжаем погружение»; 08.00 — проверка звукоподводной связи; 08.02 — глубина погружения 120 м; на лодке осмотрели отсеки прочного корпуса; 08.09 — поступило сообщение, что лодка достигла половины предельной глубины (180 м); 08.24 — очередной сеанс связи с лодкой; 08.35 — лодка достигла глубины 270 м (на 90 м меньше предельной); 08.53 — лодка приблизилась к предельной глубине погружения; 09.02 — лодка запросила курс «Скайларка»; 09.10 — лодка не ответила на вызов; 09.11 — лодка не ответила на повторный вызов; 09.13 — с борта лодки получено сообщение: «Имеем положительный увеличивающийся угол... Пытаемся продуться...».

Через 2—3 с после этого на «Скайларке» слышали шум сжатого воздуха, поступающего в балластные цистерны, продолжавшийся 20—30 с.

09.14 — «Скайларк» передал на лодку сообщение о том, что не имеет с ней контакта, и просил сообщить курс; ответа на вызов не последовало; 09.17 — «Скайларк» принял последнее искаженное сообщение с лодки, из которого удалось разобрать только два слова «...предельная глубина...». Вслед за этим на судне слышали шум, квалифицированный впоследствии как шум разрушающегося прочного корпуса лодки.

После обрыва связи «Скайларк» в течение 1,5 ч надеялся, что лодка появится на поверхности или даст о себе знать, и в 11 ч 04 мин приступил к передаче радиосообщения о предполагаемой аварии.

Экстренно организованный поиск проводился боевыми кораблями и судами общей численностью до 16 единиц. В состав поисковых групп входили фрегат, несколько эскадренных миноносцев и эскортных кораблей, две атомные подводные лодки, дизель-электрическая лодка, спасательное судно, танкер и пять научно-исследовательских судов. Однако положительных результатов он не принес. Было обнаружено лишь несколько масляных пятен, среди которых плавали куски полиэтиленовой защиты реактора и пробки. Вскоре боевые корабли оставили район, уступив место специальным судам, оснащенным навигационными системами и разнообразными средствами поиска.

В начале операции район поиска разделили на четыре равных квадрата, в каждом из которых находилось поисковое судно. В дальнейшем изменили тактику поиска: четыре судна осматривали весь район, находясь в 250 м друг от друга, три других тщательно обследовали полученные гидроакустические контакты, и несколько судов фотографировало грунт опускаемыми камерами Эджертона. С каждым

днем становилось все яснее, что гидроакустический поиск не даст надежных результатов, поскольку поверхность дна обследуемого района имела сильно изрезанный рельеф.

Сопоставление данных, полученных с помощью гидроакустической, магнитометрической, телевизионной и фотоаппаратуры, позволило сузить район поиска до четырех квадратных миль и привлечь батискаф «Триест» для визуального осмотра полученных контактов. Батискаф совершил десять погружений, обнаружил и сфотографировал отдельные части легкого корпуса «Трейшера». С помощью манипулятора был поднят на поверхность кусок медного трубопровода длиной около 1,5 м с маркировкой, свидетельствовавшей о принадлежности ее объекту поиска. В сентябре того же года ВМС США объявили, что на этом работы по поиску подводной лодки «Трейшер» в 1963 г. оканчиваются.

Таким образом, в ходе поисковой операции корпус лодки не был обнаружен. Причиной неудачи было отсутствие надежных средств поиска в сочетании с высокоточной подводной навигационной системой. Для обследования района гибели «Трейшера» военно-морские силы США располагали в то время лишь опытными образцами гидролокатора бокового обзора, геологическими магнитометрами и опускаемыми фотокамерами Эджертона. После получения гидроакустических и магнитных контактов место их определялось весьма приблизительно, что затрудняло повторный выход поисковых средств.

Зимой 1963—1964 гг. ВМС США с помощью научно-исследовательских учреждений и промышленных фирм разработали и изготовили несколько принципиально новых технических средств подводного поиска. Основным средством был глубоководный буксируемый обитаемый аппарат НРЛ, установленный на океанографическом судне «Мизар» вместе с высокоточной подводной навигационной системой.

Летом 1964 г. вновь сформированная поисковая группа, в состав которой входили судно «Мизар» с буксируемым аппаратом, спасательное судно «Хойст» и батискаф «Триест», продолжила обследование дна океана в районе гибели «Трейшера». Судно «Мизар» с аппаратом НРЛ, имевшим два гидролокатора бокового обзора, три фотокамеры Эджертона и магнитометр, вышло из Бостона в район поиска 26 июня. Спустя 8 ч после начала поиска были обнаружены и обследованы обломки кормовой оконечности «Трейшера». Батискаф «Триест», модернизированный и укомплектованный более совершенным оборудованием, совершил посадку на обломки лодки, являвшиеся частью турбинного отсека прочного корпуса. В конце октября поисковые работы были прекращены.

Рассмотрим теперь подробнее использование батискафа при поиске «Трейшера» летом 1963 г.

Необозримые просторы Атлантики. Конец июня. Холодный полдень, все небо затянуто облаками. Но экипаж «Триеста» — пилот Кэч Дональд и наблюдатель Кеннет Маккензи видят только то, что в состоянии высветить вниз прожектор. До грунта 6 м. Они стоят на коленях, прижавшись спиной друг к другу у иллюминаторов gondolas размером в обычную пепельницу. Глубина 2800 м. Там наверху, мягко покачиваясь на волнах, следует за ними обеспечивающее судно «Майк Боут». Поиск ведётся более 3 ч. Батареи основательно сели, и батискаф уже плохо управляется.

«— «Майк Боут». Вас вызывает «Триест». Разрешите подняться на поверхность» [67, с. 764].

Луч прожектора высветил в темноте что-то желтое. Маккензи бросает взгляд на магнитометр и дозиметрические приборы. Никаких изменений. Нет даже намека на то, что батискаф приближается к месту гибели лодки. Дональд связывается с поверхностью и просит разрешения задержаться еще на 15 мин. Бати-

скаф разворачивается и опускается на 2 м. Прожектор высвечивает желтый пластиковый защитный сапог с металлическими застежками. Такие сапоги надевают при входе в реакторный отсек. Он находится не более чем в метре от иллюминатора. На нем штамп, но часть сапога вмята внутрь, и разобрать надпись целиком невозможно.

« — SSN-5...,— читает Маккензи» [67, с. 765].

Номер «Трешер» — SSN-593. Батискаф почти касается грунта. Теперь уже видно многое другое: вокруг валяются куски бумаги, облупившаяся краска и другие легкие материалы. Дональд и Маккензи решают использовать весь остаток емкости аккумуляторов и двигаться по следу. Включены все четыре фотокамеры. С каждой минуты количество мелких обломков увеличивается, местами они буквально покрывают дно. Начинают попадаться более крупные. Становится ясным, что корпус «Трешера» находится где-то близко. Но аккумуляторы окончательно сели, прожекторы светят тускло. Приходится всплывать. Так закончилось третье из десяти погружений батискафа в 1963 г.

Батискаф «Триест» был вновь доставлен для участия в поисках из Сан-Диего (Калифорния) транспортным судном «Презервер». Первые два погружения были испытательными, поскольку после окончившегося перед этим капитального ремонта батискафа на нем установили много нового оборудования, часть которого была специально предназначена для поиска «Трешера». Во время погружений «Триеста» при поиске «Трешера», как впрочем и при всех погружениях батискафа, начиная с его постройки в 1952 г., на обеспечивающем судне всегда присутствовал инженер по безопасности Джузеппе Бузно. Это вселяло в экипаж дополнительную уверенность в успехе.

При двух предыдущих погружениях экипаж батискафа не обнаружил вещественных доказательств

гибели «Трешера», но многое все же удалось уточнить. Особенно при первом из них. Вот как оно проходило.

Эхолот регистрирует первые признаки дна. Дональд ведет непрерывное наблюдение через носовой иллюминатор, уменьшает скорость спуска. Свет прожекторов, отражаясь от песчано-илистого дна, становится ярче. Стальной 90-килограммовый шар, подвешенный на конце 10-метрового гайдропа, мягко касается грунта. «Триест» находится почти в идеальном равновесии. Его медленно сносит течением на юго-восток, стальной груз тащится по дну. Гайдроп соединен с батискафом при помощи электромагнита. Если груз зацепится за препятствие, трос может быть мгновенно отсоединен.

С первого взгляда на рельеф дна становится ясным, что «Трешер» найти нелегко. Вместо предсказанного надводными приборами дна со слабо выраженным рельефом и пологими возвышенностями перед батискафом возникают изломы, которые могут прятать любое количество подводных лодок. Крупные глыбы и крутые гряды холмов часто затемняют картину гидролокаторам батискафа. Густое облако из мелких организмов заставляет пилота опуститься ниже. Временами оно полностью закрывает иллюминаторы. Течение небольшое, но оно постоянно сносит батискаф и периодически вынуждает ложиться на грунт, чтобы откорректировать курс.

Тщательно обследуя незнакомую местность, экипаж наблюдает длинные, вытянутые с севера на юг гряды холмов на фоне песчано-илистого грунта. Очевидно, в ледниковый период гигантские массы льда сдвинули эти гряды в океан, а затем, растаяв, освободили этот тяжелый груз. Гидролокатор издает резкие прерывистые сигналы, но каждый раз разочарование — очередной сюрприз рельефа. С другой стороны, осадочные породы слишком плотны, чтобы лодка могла быть погребена под ними. Наконец, удалось доказать,

что «Триест» способен вести поиск на глубине в полторы мили, а не только опускаться на эту глубину.

После пятого погружения батискаф отправился в Бостон для проверки и ремонта оборудования. За это время была произведена простая, но действенная разметка дна океана в районе поиска. Надводные суда опустили на грунт более 1400 пластиковых маркеров с большими опознавательными цифрами на определенных интервалах друг от друга.

Наибольший интерес из оставшихся представляет восьмое погружение. На этот раз в состав экипажа батискафа, кроме пилота Кэча Дональда, входили океанограф Джеймс Дэвис и подводник лейтенант Артур Джилмор, знавший «Трешер». Едва опустившись на дно, экипаж обнаружил маркер с опознавательным номером. В течение 3 ч, продвигаясь в южном направлении, исследуя каждый сигнал гидролокатора, батискаф подошел уже к точке поворота, как вдруг поверхность дна показалась знакомой. Морские ежи стали мельче, и их было необычно много. Затем появились кусочки краски и бумаги, как и при третьем погружении. Через несколько минут батискаф оказался среди невероятного нагромождения изогнутых, смятых останков лодки. Пластины аккумуляторов, свинцовый балласт, куски проводки, детали надпалубных сооружений повсюду покрывали дно. Дональд вел «Триест» осторожно, не снимая рук с рычагов управления, то включая, то выключая двигатели, опасаясь запутаться в обломках. Гора металла поднималась так высоко, что вершину ее скрывали густые скопления планктона. Дональд посадил батискаф на свободное место рядом с изогнутой трубой длиной в 15 м. Одной рукой он включал и выключал ходовые двигатели, стараясь удерживать батискаф против течения, другой рукой управлял манипулятором. Каждый раз, когда захват манипулятора пытался удержать трубу, она

выскальзывала из его объятий. Наконец, пилоту удалось подсунуть плечо манипулятора под загнутый участок трубы. Медленно и осторожно поднимал он свою добычу до тех пор, пока механическая рука не прижала ее к переднему бункеру с металлическим балластом. На поверхности при детальном рассмотрении на трубе обнаружили маркировку, проставленную на судовой верфи, — «Лодка-593». Так окончательно была опознана «Трешер».

«Скорпион» (США)

Атомная подводная лодка «Скорпион» затонула 21 мая 1968 г. при возвращении в базу Норфолк. Назначенная глубина следования лодки составляла 260 м, а глубина океана по курсу следования — от 900 до 5500 м. Последний сеанс радиосвязи со «Скорпионом» состоялся, когда лодка находилась примерно в 2100 милях от Норфолка в центральной части Атлантики к юго-западу от Азорских островов [39].

Первоначально командование ВМС США склонно было считать лодку опаздывающей, и только спустя два дня после назначенной даты возвращения ее в базу был начат поиск. По заявлению начальника штаба ВМС США обнаружение обломков «Скорпиона» — итог самой большой поисковой операции, когда-либо проводившейся флотом. В течение пяти месяцев в поисках было задействовано более 60 кораблей и судов и до 30 самолетов.

Предпринятое на первом этапе поиска обследование обширного района между Норфолком, Азорскими и Багамскими островами результатов не дало. Был, правда, день, когда, казалось, успех близок — через неделю после начала поиска в 100 милях от Норфолка обнаружили затонувшую подводную лодку. Вскоре, однако, выяснилось, что это не «Скорпион», а немецкая лодка, потопленная в годы второй мировой войны.

Поиск по вероятному курсу следования «Скорпиона» проводился в таком порядке. Судно «Компас Исланд» вело поиск гидролокатором с высокой разрешающей способностью. За ним на дистанции 8—10 миль шли эскадренные миноносцы со штатными гидролокаторами и танкер для их заправки. Далее с 12-мильным интервалом поиск вели подводные лодки. Суммарная ширина полосы обследования составляла 15 миль. Одновременно водная поверхность в полосе 100 миль осматривалась самолетами и вертолетами.

Обследование полученных контактов выполнялось обитаемыми аппаратами «Алюминаут» и «Элвин» и необитаемым НРЛ при обеспечении судами «Презервер»; «Хойст» и «Мизар».

Но все же успех пришел. И, как ни странно, недостающая информация была получена не в море, а на берегу. В результате анализа записей гидроакустических станций противолодочной обороны был обнаружен сигнал, характерный для разрушения прочного корпуса лодки гидростатическим давлением. После определения места источника сигнала район поиска ограничили областью 12×12 миль к юго-западу от Азорских островов. Район поиска был разбит на квадраты со сторонами около 1 мили.

В район поиска было направлено судно «Мизар», которое 30 октября с помощью буксируемого аппарата НРЛ обнаружило и сфотографировало корпус «Скорпиона» на глубине 3047 м. Необходимо отметить, что «Скорпион» был обнаружен в 238 м от квадрата сетки района поиска, который имел наибольшую вероятность присутствия в нем лодки.

Наиболее эффективным средством поиска в рассмотренной операции был магнитометр (гидролокатор бокового обзора почти не работал из-за неисправностей). Всего по сигналам магнитометра было сделано более 100 тысяч фотоснимков. Место судна «Мизар» определялось

спутниковой навигационной системой «Транзит», а подводную навигацию обеспечивала система УТЕ.

По официальному заключению ВМС США, тысячи снимков, полученных судном «Мизар», не выявили данных, которые послужили бы основой для установления причины гибели «Скорпиона». Необходимо было непосредственное визуальное обследование корпуса лодки экспертами. Считалось, что это обеспечит батискаф «Триест-2». Члены экипажа батискафа будут иметь возможность наблюдать и фотографировать обломки лодки с любых позиций, под такими углами, которые недоступны аппарату НРЛ. Кроме того, батискаф позволит поднять на поверхность небольшие куски корпуса и устройств «Скорпиона».

Известно, что 13 июня 1969 г. «Триест-2» начал обследование района гибели «Скорпиона» и 2 июля получил визуальный контакт. Однако дальнейших сообщений о выполнении этой работы в печати не встречалось.

Построение сетки района поиска значительно упростило решение задачи обнаружения «Скорпиона». Несколько слов о применении математических методов для ее расчета. После разбиения района поиска на квадраты (клетки) были помечены точки, зафиксированные ранее и представляющие особый интерес: местонахождение куска металла, место гидролокационного контакта, большая магнитная аномалия и др. Для каждой из клеток были рассчитаны априорные вероятности нахождения в них затонувшей подводной лодки. С этой целью после некоторых предварительных исследований было выдвинуто несколько вариантов (версий) о вероятных событиях, приведших к катастрофе,— стратегий — и назначены «весомости» каждой из них. «Весомость» стратегии (число между нулем и единицей) отражает правдоподобие данного варианта относительно других. Варианты отбирались с частотой, определяемой назначенной «весомостью». Движение лодки

в процессе аварии моделировалось системой дифференциальных уравнений с применением случайных чисел, отображающих в заранее предполагаемых пределах переменные параметры движения — курс, скорость и глубину хода, направление и скорость течений, глубину места и др. Расчеты велись методом Монте-Карло на судовой и береговых ЭЦВМ.

«Эридис» (Франция)

В 6 ч 4 марта 1970 г. из Тулона для отработки задач боевой подготовки при взаимодействии с самолетами вышла дизель-электрическая подводная лодка «Эридис». Очередной сеанс радиосвязи с лодкой состоялся в соответствии с планом учения в 6 ч 30 мин. На следующий сеанс связи, который был назначен на 7 ч, «Эридис» не вышла. В связи с этим в 9 ч 00 мин был начат поиск аварийной лодки [39].

Военно-морские силы Франции направили для поиска самолеты и вертолеты противолодочной обороны, три подводные лодки, шесть тральщиков и судно специального назначения «Робер Жиро». Кроме того, в поиске приняли участие четыре итальянских тральщика и американское спасательное судно «Скайларк».

Площадь района поиска составляла 4 кв. мили и включала место подводного взрыва, зарегистрированного береговыми сейсмическими станциями, место обнаружения всплывшего масляного пятна и место, где лодку в надводном положении наблюдал самолет во время последнего радиосеанса. Четырехдневные поиски «Эридис» результатов не принесли, и экипаж ее был объявлен погибшим. В связи с тем что «Эридис» оказалась четвертой из французских подводных лодок, пропавших в районе Тулона в послевоенный период (предыдущие лодки U-2326, «Сибилла» и «Минерва» не были обнаружены), правительство

Франции обратилось к США с просьбой оказать помощь в поиске.

Судно «Мизар» с аппаратом НРЛ прибыло в район поиска 9 апреля и приступило к работам. Поиск осложнялся сильным и переменным подводным течением. К тому же рельеф дна был изрезан, крутые скальные выступы чередовались с каньонами, заполненными илом. Тщательно проведенное картографирование грунта с нанесением на планшет обнаруженных скальных пород и аномалий напряженности магнитного поля Земли позволило накопить ценную информацию для предстоящих погружений батискафа «Архимед». Были получены снимки множества мелких предметов — канистры, бутылки, обрывки газет повсюду засоряли грунт. Но лодки «Эридис» не было.

Наконец, 26 апреля был зарегистрирован значительный магнитный контакт. Шестидневное обследование района контакта принесло успех: по сигналам магнитометра были сфотографированы отдельные части разрушенного корпуса лодки, разбросанные на грунте в 6 милях к югу от мыса Камара на глубине 1100 м.

В дальнейшем обломки «Эридис» обследовал и фотографировал батискаф «Архимед». Заметим, что за два года до этого «Архимед» участвовал в поиске подводной лодки «Минерва». Но никаких данных для ограничения района поиска тогда не было, и погружения батискафа не принесли успеха.

Поиск и обеспечение подъема затонувших судов

Руководящие круги капиталистических государств, и в первую очередь США, безрассудно взвинчивая гонку вооружений, в погоне за прибылями игнорируют интересы и безопасность человечества, в том числе и своих собственных народов. За последние 30 лет США, Англия, Бельгия, Голландия и другие страны затопили в Атлантическом океане

в общей сложности тысячи тонн радиоактивных отходов, превратив его дно в ядерную свалку. Британское министерство обороны похоронило в контейнерах в Балтийском и Ирландском морях, а также в Атлантическом океане около 100 тыс. т вышедших из употребления отравляющих веществ [11]. К подобным авантюрам, вызвавшим возмущение и протесты мировой общественности, относится также преднамеренное затопление транспорта «Стивенсон» с боеприпасами устаревших образцов, транспорта «Бриггс» с грузом нервно-паралитического газа и другие.

Поиск и обследование транспорта «Стивенсон» (США)

В 1967 г. ВМС США для выяснения процессов, сопровождающих подводный ядерный взрыв, провели операцию, суть которой заключалась в следующем. Ядерный заряд имитировался 2 тыс. т взрывчатки в виде авиабомб и снарядов устаревших образцов. Все это было погружено в транспорт «Стивенсон» и 10 августа доставлено в район Алеутских островов, где судно надлежало затопить. Установленный среди боеприпасов в трюме судна детонатор должен был сработать под воздействием гидростатического давления на глубине 1200 м [69].

Однако запланированное затопление транспорта в заданной точке по какой-то причине не состоялось. «Стивенсон» погружался значительно медленнее, чем это ожидалось, и из-за начавшегося шторма в течение 20 ч дрейфовал в сторону берега. Наблюдение за судном осложнилось низкой видимостью. В конце концов «Стивенсон» затонул, но ожидавшегося взрыва не последовало.

Причина отказа детонатора была неясна, и безопасность судоходства в этом районе требовала довести дело до конца — найти и взорвать транспорт. Но сделать это было не-

легко. Правда, обеспечивающие суда «Татнук» и «Конфиденс» зафиксировали с помощью радионавигационных систем по береговым ориентирам место последнего наблюдения «Стивенсона». И все же координаты и глубина местоположения транспорта на грунте оценивались весьма приблизительно — площадь поиска была определена квадратом со стороной 2 мили.

Операцию поиска и уничтожения транспорта разделили на два этапа. На первом этапе район подвергли бомбардировке с самолетов, надеясь вызвать детонацию и взрыв транспорта. Но это ни к чему не привело.

С первых чисел сентября начался второй этап операции. Океанографическое судно «Сайлес Бент» приступило к поиску «Стивенсона» с помощью буксируемого необитаемого подводного аппарата «Телепроуб», оснащенного магнитометром, фото- и телевизионными камерами. К этому времени группа поиска под руководством командира Аляскинской военно-морской базы контр-адмирала Уайта, руководствуясь картами и батиметрической съемкой района, выбрала оптимальные направления поисковых галсов (грунт в районе поиска имел сложный рельеф). Это позволило, в частности, снизить до минимума опасность зацепления аппарата за неровности грунта.

В процессе поиска место поискового судна определялось с помощью радионавигационной системы «Лоран-С». На седьмой день магнитометр обнаружил магнитную аномалию. Одновременно эхолот зафиксировал контакт протяженностью 240 м. Зная размеры «Стивенсона» и оценив его магнитный момент, специалисты пришли к выводу, что буксируемый аппарат прошел вблизи корпуса затопленного транспорта.

Многочисленные галсы судна «Сайлес Бент» над «виновником» полученных контактов и его серийная фотосъемка (через каждые 12 с с момента начала контакта) двумя фотокамерами подтвердили вывод специалистов. «Стивенсон» был

найден на глубине 850 м. В дальнейшем предпринимались различные попытки взорвать транспорт, но все они оказались безуспешными. Командование ВМС опубликовало заявление о том, что корпус транспорта опасности не представляет.

Поиск и обеспечение подъема буксира «Эмеральд Страйт» (Канада)

Весной 1969 г. в проливе Хау Саунд (Канада) при буксировке шаланды с лесом затонул на глубине 204 м 95-тонный буксир «Эмеральд Страйт». Он был двадцать третьим по счету из числа затонувших в канадских водах однотипных буксиров за последние 10 лет. Три члена его команды погибли, четвертому удалось добраться до берега [14].

Министерство транспорта Канады (владелец буксира) решило провести судоподъемную операцию для выяснения причин аварии. С этой целью оно заключило контракт с фирмой «Интернейшнл Хайдродайнемикс Лимитид» — разработчиком аппарата «Пайсис». В случае успеха по условиям контракта фирма получала 110 тыс. долларов, в противном случае она несла только убытки, оплачивая стоимость бесполезно проведенных работ. Впервые аппарат принимал участие в подъеме судна с большой (недоступной для водолазов) глубины. Работу аппарата обеспечивала зафрахтованная фирмой баржа.

При первых же погружениях «Пайсис» обнаружил буксир. Он лежал на илистом грунте на ровном киле в 900 м от берега. Пилоты аппарата, маневрируя вокруг буксира, осмотрели его через иллюминаторы и с помощью телевизионных камер сделали серию фотоснимков. Все это требовалось для составления плана подъема.

Погода была благоприятной в течение всей операции, но постоянное

взмучивание ила винтами аппарата сильно мешало работе.

После того как план был составлен, над буксиром на четырех точках был установлен 100-тонный плаш-коут со стандартным подъемным оборудованием. Затем «Пайсис» перерезал зажатými в манипуляторе гидравлическими кусачками (с усилием 27 тс) якорные цепи буксира. В освобожденные таким образом ключозые трубы аппарат ввел специально изготовленные штанги с откидывающимися распорками, к которым крепился опущенный с плашкоута подъемный трос.

Труба левого ключа оказалась погнутой, и штанга никак не хотела войти в нее полностью. Пришлось прибегнуть к приспособлению наподобие огромного молотка. В зажиме манипулятора закрепили 30-килограммовую железную болванку и аппарат в течение 5 ч колотил ею по штанге. При этом пилот все время маневрировал — после очередного употребления болванки отводил аппарат в исходную позицию для нанесения следующего удара.

После того как нос буксира был приподнят, под него завели с плашкоута строп-трос в виде петли диаметром 12 м. «Пайсис» своими манипуляторами освобождал строп от встречавшихся по мере его продвижения от носа в корму препятствий. При натяжении строп-троса петля прочно затянулась вокруг корпуса буксира. В дальнейшем подъем «Эмеральд Страйт» не вызвал затруднений.

В ходе операции экипаж аппарата «Пайсис» несколько раз встречался с неисправностями. В основном они случались в системе гидравлики и системе управления гребными двигателями. Все неисправности устраняли в море. Однажды «Пайсис» всплыл под плашкоутом и разрушил стеклопластиковую рубку. Остатки ее просто убрали, вернув тем самым аппарат в рабочее состояние.

Поиск транспорта «Бриггс» (США)

В августе 1970 г. ВМС США провели операцию по затоплению в Атлантическом океане на глубине 4880 м транспорта «Бриггс» (типа «Либерти»), имевшего на борту 418 бетонных контейнеров, в каждом из которых содержалось по 30 ракет с нервно-паралитическим газом. Все эти 12 540 устаревших ракет были вывезены с армейских складов штатов Алабама и Кентукки [55].

Через два месяца под давлением общественного мнения командование ВМС было вынуждено провести мероприятия, доказывающие безопасность последствий этой операции. В район затопления было направлено судно «Мизар» с необитаемым буксируемым подводным аппаратом НРЛ. Поиск и в особенности обследование транспорта «Бриггс» заняли две недели. Сложность операции заключалась в том, что подводный аппарат должен был многократно на различных курсах проходить настолько близко к корпусу затопленного транспорта, чтобы, с одной стороны, обеспечить необходимый объем информации об объекте (было отснято, например, около 46 тысяч фотокадров), а с другой, — чтобы не задеть корпус, надстройки, такелаж транспорта, т. е. чтобы исключить аварию.

Датчики нервно-паралитического газа, установленные на подводном аппарате, не обнаружили присутствия газа в толще воды. Однако научная общественность многих стран, в том числе и США, считала возможным постепенное разрушение контейнеров и последующее распространение газа в океане.

Поиск трансатлантического лайнера «Титаник» (Великобритания)

Шла пятая, безлунная, прохладная ночь первого рейса английского судна-гиганта «Титаник», одного из

крупнейших трансатлантических лайнеров начала XX века, направлявшегося из Саутгемптона в Нью-Йорк. Море было спокойным. Казалось, ничто не предвещало катастрофы. Пассажиры уже спали или готовились ко сну. Высоко над палубой, в «вороньем гнезде» (наблюдательной площадке фок-мачты) несли вахту, вглядываясь в ночную тьму, впередсмотрящие — матросы Флит и Ли. Вахта подходила к концу, ничего необычного замечено не было. Вот как описывает развитие дальнейших, трагических событий Уолтер Лорд со слов опрошенных им оставшихся в живых свидетелей [77, с. 4].

«Вокруг лишь ночь, звезды, пронизывающий холод, да ветер, который свистит в такелаже «Титаника», скользящего по черной глади океана со скоростью 22,5 узла. Стрелки часов приближались к 23 часам 40 минутам. Заканчивалось воскресенье, 14 апреля, 1912 года.

Внезапно Флит заметил впереди нечто более темное, чем ночная мгла. Сначала предмет казался сравнительно небольшим ..., но с каждой секундой он становился все больше и больше. Тотчас Флит тремя ударами в колокол просигналил о наличии впереди опасности. Одновременно он снял телефонную трубку и связался с мостиком... В течение последующих 37 секунд Флит и Ли молча наблюдали приближение ледяной махины... Айсберг, влажный и сверкающий, значительно возвышался над палубой бака, и оба впередсмотрящих готовились к толчку. Но, словно по мановению волшебной палочки, нос лайнера вдруг покати́лся влево. За секунду до, казалось бы, неминуемого столкновения форштевень «Титаника» прошел мимо айсберга, который затем плавно проплыл вдоль правого борта. Флит с облегчением подумал, что лайнер избежал смертельной опасности.

В те же самые минуты рулевой Роу нес вахту на кормовом мостике.

И для него это была самая обычная ночь... Внезапно он почувствовал, что в ритмичный шум работающих двигателей вкрадлся какой-то звук, словно судно не очень аккуратно подошло к причальной стенке. Он посмотрел вперед и не поверил своим глазам: ему показалось, что по правому борту на всех парусах проходит какое-то судно. Но тут же он понял, что это ледяная гора, айсберг, возвышающийся над уровнем моря не меньше чем на 30 м. В следующее мгновение айсберг скрылся за кормой, погрузившись в ночную тьму.

В 2 ч 20 мин 15 апреля «Титаник» затонул на глубине 3777 м в 370 милях южнее о. Нью-Фаундленд, унеся с собой более 1500 человеческих жизней. Координаты места столкновения «Титаника» с айсбергом были переданы в эфир и приняты некоторыми судами. Это существенно облегчило впоследствии проведение поисковых операций.

До начала 1980-х годов поиском затонувшего «Титаника» практически никто не занимался. В последние годы был предпринят ряд таких попыток, которые в конце концов увенчались успехом.

В июле 1983 г. исследовательское судно «Конрад» (США) в течение 10 дней проводило поиск с помощью буксируемых средств — гидролокатора бокового обзора «Си Марк», магнитометра, телевизионных и фотокамер. При фотосъемке на одном из кадров была зафиксирована лопасть гребного винта, однако отсутствие какой-либо другой информации от поисковой аппаратуры не позволило судить о принадлежности винта «Титанику».

В августе-сентябре 1985 г. поиск «Титаника» вела комплексная франко-американская экспедиция, имевшая в своем распоряжении океанографические суда «Ле Сюра» (Франция) и «Норр» (США). Поиск обеспечивался гидроакустической навигационной системой Бентос с

донными маяками-ответчиками. (рабочая глубина 9000 м, дальность действия 13 км).

Необитаемый подводный аппарат «САР», снаряженный поисковой аппаратурой и буксируемый судном «Ле Сюра», зарегистрировал ряд контактов, один из которых был классифицирован как крупный объект. Это позволило в дальнейшем судну «Норр», вооруженному двумя глубоководными поисковыми буксируемыми аппаратами «Арго» и «Ангус» быстро выйти в существенно ограниченный район предполагаемого местонахождения «Титаника». Оба аппарата использовались судном «Норр» попеременно. На шестнадцатый день поиска, 1 сентября 1985 г., аппарат «Арго» высветил на телевизионном экране сначала паровой котел, лежащий на грунте среди предметов багажа, ящиков, угольных куч и прочего, затем корпус судна, опознанный как корпус «Титаника». Многократная медленная буксировка аппаратов «Арго» и «Ангус» вдоль корпуса судна-гиганта позволила получить множество фотоснимков, из которых предполагается создать впоследствии фотомозаичную картину. Изображение, получаемое от телевизионных камер, одновременно записывалось видеомэгнитофоном. Удалось рассмотреть даже такие мелкие детали, как заклепки на корпусе судна. В нескольких десятках метров от частично разрушенного корпуса «Титаника» (видимо, вследствие удара о грунт) была обнаружена его кормовая оконечность.

В 1986 г. франко-американская экспедиция предполагает продолжить работу по обследованию «Титаника». Помимо уже упомянутых судов и поисковых средств в состав экспедиции, как отмечает печать, будут включены подводный аппарат «Элвин» с судном-базой «Атлантик», французский аппарат «Наутиле» (рабочая глубина 6000 м) и еще два аппарата, о наименовании которых сообщений нет. Все аппараты

будут оборудованы новейшими образцами телевизионных и кинофотокамер с высокой разрешающей способностью цветного и черно-белого изображения. Телевизионные камеры будут связаны с видеомагнитофонами. Предполагается создание цветных видео- и кинофильмов. Высказываются также предположения о проникновении в будущем подводных роботов во внутренние помещения «Титаника».

Поиск крейсера «Эдинбург» (Великобритания)

Двадцать восьмого апреля 1942 г. крейсер «Эдинбург» вышел из Мурманска во главе конвоя, неся на борту 465 слитков золота общим весом свыше 5 т. Золото предназначалось для уплаты США за поставки Советскому Союзу боевой техники и продовольствия [49].

В 200 милях от Мурманска «Эдинбург» был торпедирован немецкой подводной лодкой и двумя эсминцами. Получив три попадания, «Эдинбург» потерял ход и едва держался на плаву. Опасаясь захвата корабля немцами, командир конвоя распорядился затопить крейсер.

В 1980—1981 гг. поиск и последующую разгрузку «Эдинбурга» провела фирма, возглавляемая специалистом по аварийно-спасательным работам Кейтом Джессоном, по договору с правительствами Великобритании и СССР. В 1980 г. был выполнен анализ архивных материалов английского ВМФ, относящихся к гибели крейсера, немецких архивов, опрос оставшихся в живых участников боя, а также анализ данных о зацепах рыболовецких тралов за неопознанные препятствия на грунте. В результате определились два района радиусом 3 мили каждый, в которых наличие объекта поиска было наиболее вероятным. В дальнейшем была тщательно подобрана навигационная и поисковая аппаратура,

а также аппаратура обработки данных. Большую часть этих средств разместили на поисковом судне «Дамматор». В Норвегии установили береговые опорные радиомаяки-ответчики, а на грунте в районе поиска — гидроакустические маяки подводной навигационной системы «Аква-фикс/2».

Тринадцатого мая «Дамматор» приступил к работе, а уже 14 мая буксируемый им гидролокатор бокового обзора обнаружил цель — неопознанное достаточно крупное судно. 15 мая телеуправляемый необитаемый самоходный подводный аппарат, спущенный со вставшего на якорь «Домматора», вышел на обнаруженную цель и отснял с помощью телевизионной системы «Скорпион» видеофильм ее осмотра. Изучение видеофильма показало, что обнаружен именно «Эдинбург».

Поиск затонувших самолетов «Дуглас ДС-8» (США)

Тринадцатого января 1969 г. самолет «Дуглас ДС-8» потерпел аварию, приближаясь в условиях малой видимости к международному аэропорту в Лос-Анджелесе, и затонул в заливе Санта-Моника. Для выяснения причин катастрофы необходимо было обнаружить самолет или, скорее всего, его обломки и поднять на поверхность рекордер с записями полетных данных и магнитофон с записями переговоров экипажа с наземной службой.

Несколько дней поиска надводными судами дали некоторые результаты в виде нескольких полученных контактов. В дальнейшем обследование их решено было провести построенным авиационной фирмой Локхид аппаратом «Дип Квест».

Семнадцатого января судно «Транс Квест» с аппаратом на борту прибыло из Сан-Диего к месту катастрофы. Погода была штормовой, и первое погружение «Дип Квеста» состоялось только через три

дня. Уже через 30 мин после погружения аппарат получил гидроакустические контакты от крупных целей, лежавших на грунте на глубине 105 м. Перемещаясь от одной цели к другой, экипаж аппарата обнаружил сначала часть крыла самолета, затем шасси и часть кормового салона. Наконец, была зафиксирована наибольшая цель, но как только она оказалась в пределах непосредственной видимости, аппарат потерял ход из-за аварии в системе электродвижения. Все же пилот успел убедиться, что целью являлось хвостовое оперение самолета, т. е. конечная цель поиска, так как именно в нем размещают рекордер и магнитофон, оба в ярко-оранжевых боксах.

Установив в районе цели маркерный буй, аппарат всплыл на поверхность. В период ремонта гребной установки экипаж аппарата посетил авиационный завод, где подробно ознакомился с планировкой самолета «Дуглас ДС-8», в особенности с местом установки в нем рекордера и магнитофона.

Двадцать второго января «Дип Квест» продолжил поиск, но выйти на маркерный буй у хвостового оперения самолета сразу не смог из-за сильного течения, которое отнесло его к северу. Через некоторое время аппарат лег на курс сближения с целью. При подходе к бую в поле зрения экипажа появились разбросанные по илисто-песчаному грунту партии груза (мужская и женская обувь), детские игрушки, самолетные кресла, тела двух пассажиров. Хвостовая часть самолета оказалась сильно заилненной горизонтальным стабилизатором, и завести под нее петлю подъемного троса долго не удавалось. Ухудшение погоды вынудило прекратить дальнейшие попытки.

Двадцать восьмого января «Дип Квест» осмотрел внутреннюю часть хвоста самолета, пользуясь светильниками и телевизионной камерой, и убедился, что рекордера там нет. Тем не менее командование решило

продолжить попытки подъема хвостового оперения. После нескольких часов работы аппарату удалось лишь зацепить крюком подъемного троса край нижнего стабилизатора и обмотать трос вокруг обломков. Верхний конец троса был передан на баржу с подъемным оборудованием, установленную над объектом на четыре якоря. Однако вскоре под действием рывков на волнении трос отвязался от обломков хвоста самолета, и план их подъема был сорван. Кроме того, при маневрировании у объекта аппарат ударился об него и потерял одну из своих телевизионных камер.

Тридцать первого января погода улучшилась, и «Дип Квест» возобновил погружения, в процессе которых была обнаружена средняя часть фюзеляжа. На следующий день в результате осмотра гидролокатором грунта у хвостовой части самолета была найдена утерянная телевизионная камера. В это же время экипаж заметил какие-то обломки ярко-оранжевого цвета (по-видимому, обломки бокса с магнитофоном), а несколько позднее между средней и хвостовой частями фюзеляжа был найден рекордер, лежащий неповрежденным отдельно от других обломков. Операция поиска была завершена, и «Дип Квест» доставил рекордер на поверхность.

Характеризуя в целом условия поиска, следует отметить, что грунт в районе катастрофы был относительно ровным, илисто-песчаным, с минимальным количеством ложных целей. Форма сигналов от больших целей на экране гидролокатора позволяла производить предварительную классификацию и ориентировать поисковые усилия. Течение у грунта доставляло неприятности, но не было настолько сильным, как предполагалось. Прозрачность воды была малой из-за близкого расположения района к берегу, небольших глубин и штормовой погоды, а также выхода на расстояние полумили от берега двух больших каналли-зационных труб.

«Боинг-727» (США)

Самолет «Боинг-727» потерпел аварию при вылете из Лос-Анджелеса в 5 милях от берега в заливе Санта-Моника и затонул на глубине 300 м. Произошло это 19 января 1969 г., т. е. в то время, когда судно «Транс Квест» с аппаратом «Дип Квест» стояло на якоре в том же заливе, ожидая прибытия руководителей поиска самолета «Дуглас ДС-8». Получив извещение о новой катастрофе, «Транс Квест» немедленно вышел к месту происшествия для оказания помощи пострадавшим, но никого и ничего не обнаружил на поверхности. В последующие дни «Транс Квест» занимался поиском «Дугласа ДС-8», а по окончании операции ушел в Сан-Диего для профилактического ремонта и подготовки к поиску «Боинга-727».

В период ремонта экипаж «Дип Квеста», осмотрев аналогичный самолет, убедился, что рекордер с записью данных полета и магнитофон с записью переговоров с наземной службой, оба в ярко-оранжевых боксах, установлены в хвостовой части по правому борту.

Двадцать первого февраля «Дип Квест» был доставлен в район катастрофы. К этому времени обломки самолета были обнаружены гидролокаторами надводных судов, и место их обозначено маркерным бумом. Прибывший «Транс Квест» установил в том же месте маяк-ответчик гидроакустической навигационной системы, что существенно облегчило поисковые работы по сравнению с предыдущей операцией (тогда навигационная система аппарата была неисправна).

После погружения «Дип Квест» начал поиск гидролокатором и обнаружил множество целей. Последовательно переходя от одной цели к другой, экипаж осматривал их и определял местоположение по пеленгу и дистанции относительно донного маяка-ответчика. «Боинг-727» был полностью разрушен, большие

и мелкие обломки его повсюду лежали на грунте.

Спустя 5 ч после первого погружения были обнаружены обломки хвостовой части самолета, но рекордера и магнитофона среди них не было. Тем временем погода резко ухудшилась, и в поисковой операции наступил трехдневный перерыв.

С возобновлением погружений «Дип Квесту» потребовалось всего 11 мин, чтобы выйти к месту обломков самолета (донный маяк-ответчик и навигационная система работали четко). Во время одного из погружений, когда аппарат разгребал манипуляторами груды обломков, появилась неисправность в системе электродвижения. «Дип Квест», практически лишившийся хода, всплыл на поверхность. За ночь гребную установку отремонтировали, и рано утром аппарат был на грунте. На этот раз нашли, наконец, неповрежденный бокс с магнитофоном.

Испортившаяся погода и необходимость ремонта «Транс Квеста» снова прервали операцию. Однако вскоре, несмотря на шторм, руководство приняло решение продолжить поиск. «Дип Квест» спустили на воду в 5 милях от места катастрофы у подветренной стороны побережья, где море было спокойнее. Аппарат вышел на объект, пеленгуя посылки донного маяка-ответчика навигационной системы. Кроме того, движение «Дип Квеста» корректировало обеспечивающее судно по посылкам донного маяка-ответчика, установленного на аппарате. Шторм в это время достиг такой силы, что волны повредили ходовой мостик «Транс Квеста».

Благополучно добравшись до обломков самолета, «Дип Квест» приступил к поиску. Через 1,5 ч наблюдатель, находившийся у иллюминатора, доложил, что видит что-то оранжевое, торчащее из грунта. Пилот развернул аппарат, чтобы найденный объект оказался в поле его зрения, и манипулятор извлек из ила неповрежденный рекордер.

Операция поиска второго самолета была завершена.

«Боинг-747» (Индия)

Двадцать третьего июня 1985 г. пассажирский авиалайнер «Боинг-747» индийской авиакомпании «Эйр Индия» следовал по своему маршруту из Канады в Индию через Лондон. В 8 ч 05 мин самолет, находившийся в этот момент над океаном юго-восточнее Ирландии, внезапно исчез с экранов сопровождающих полет наземных радиолокационных станций и больше ни на земле, ни в воздухе не появился. Стало ясно, что самолет потерпел аварию и затонул. Единственными «случайными» свидетелями катастрофы оказались английские самолеты, пролетавшие в это же время в районе аварии и принявшие сигнал бедствия радиомаяка авиалайнера. Это позволило определить район поиска размером 2X2 мили примерно в 100 милях к юго-востоку от г. Корк (Ирландия).

Для проведения поисковых работ Министерство авиации Индии зафрахтовало французское судно «Леон Тевенин» с телеуправляемым подводным аппаратом «Скараб-1». Этот аппарат предназначен для осмотра и ремонта кабельных линий связи, лежащих на грунте на глубинах до 2000 м. В состав оборудования аппарата входят гидроакустическая станция, работающая в активном и пассивном режимах, магнитометр, телевизионные камеры, манипулятор, захват и даже грунторазмывающее устройство.

Одновременно была достигнута договоренность с правительством Канады о доставке в район поиска аналогичного аппарата «Скараб-2» на борту кабельного судна «Джон Кэбот».

Судно «Леон Тевенин» находилось в Бресте, в 300 милях от предполагаемого места гибели авиалайнера. 2 июля оно прибыло к месту проведения поисковых работ,

однако начало поиска пришлось отложить — кабель-трос аппарата «Скараб-1» оказался слишком коротким для глубин этого района. Новый кабель, длиной 3050 м, был доставлен самолетом из Канады.

Поиск галсами продолжался 89 ч, операторы «Скараб-1» несли вахту попеременно. Для навигации использовалась сеть донных маяков-ответчиков. К счастью, гидроакустический сигнализатор (пинжер) затонувшего самолета, каким-то чудом уцелевший, посылал сигналы и был запеленгован аппаратом. 9 июля «Скараб-1» вышел на визуальный контакт с магнитофоном самолета, обломки которого были разбросаны по грунту на глубине 2040 м. С помощью манипулятора и захвата магнитофон был закреплен и доставлен на поверхность. Чтобы не упустить магнитофон в процессе всплытия, подъем аппарата на поверхность проводился медленно, в течение 2 ч. Затем «Скараб-1» погрузился вновь, обнаружил рекордер с записями данных полета и таким же образом доставил его на борт судна-базы «Леон Тевенин». Оба «черных ящика» были отправлены в Индию, где после тщательного анализа записей переговоров экипажа самолета и записей данных полета стало очевидным, что причиной катастрофы явился взрыв на борту авиалайнера «Боинг-747». Все пассажиры и члены экипажа (329 человек) погибли.

Подводный аппарат «Скараб-2» использовался с судна «Джон Кэбот» несколько позднее для осмотра места катастрофы на грунте.

Поиск и подъем водородной бомбы

Семнадцатого января 1966 г. один из стратегических бомбардировщиков ВВС США, несших круглосуточное дежурство в воздухе с ядерным оружием на борту, приступил к заправке горючим в полете, когда

он находился над Средиземным морем у побережья Испании. Бомбардировщик и самолет-заправщик летели со скоростью 600 км/ч на высоте 9300 м, на расстоянии 50 м друг от друга. Через несколько минут после начала заправки взорвался один из двигателей бомбардировщика. Самолет загорелся, и экипаж его произвел аварийный сброс водородных бомб. Три из них приземлились неподалеку от деревни Паломарес, четвертая опустилась на парашюте в море в 100 м от крошечного траулера испанского рыбака. По разрушительной силе каждая бомба в 1250 раз превосходила бомбу, сброшенную на Хирсиму. К счастью, конструкция ядерного оружия исключила случайное срабатывание. Однако воздействие события на общественное мнение было огромно.

Долгое время правительство США не решалось сообщить, что погибший бомбардировщик Б-52 имел на борту водородное оружие¹. Только 1 марта оно признало, что при катастрофе были по-аварийному сброшены четыре водородные бомбы, одна из которых упала в море. Две бомбы из трех, упавших на сушу, оказались разрушенными вследствие взрыва тротилового заряда, разбросавшего при этом куски атомного «запала»¹ — урана-235 и плутония-239, т. е. куски радиоактивного металла, период полураспада которого составляет свыше 24 тысяч лет.

Операция поиска затонувшей бомбы продолжалась почти три месяца. Участие в ней приняли 18 боевых

кораблей и специальных поисковых и спасательных судов, самолеты, десятки рыболовных судов, сухогрузы, танкеры, яхты и катера, водолазы и аквалангисты. Но нашли бомбу и обеспечили ее подъем все же подводные аппараты. Для поиска было направлено несколько аппаратов — «Триест-2», «Дип Джип», НРЛ, «Кэбмарин», «Алюминаут», «Элвин» и КУРВ-3 (главную роль сыграли три последних).

Район поиска (район вероятного местонахождения водородной бомбы) оценивался двояко. Во-первых, математическими методами с использованием ЭВМ (в основу которых были положены данные о координатах мест обнаружения бомб, упавших на сушу, версии о координатах бомбардировщика в момент аварии, о силе и направлении ветра и т. д., а также результаты натурного эксперимента — с аналогичного бомбардировщика сбросили макет водородной бомбы) определили район вероятного местонахождения затонувшего объекта поиска. Во-вторых, уже позднее, в марте, новой вероятной зоной падения бомбы был объявлен район вокруг места, указанного наблюдавшим падение испанским рыбаком. До этого времени заявлением рыбака пренебрегали, поскольку сообщений свидетелей скопилось сотни.

Пятнадцатого марта после решения о назначении нового района поиска в точку, показанную свидетелем-рыбаком, вышел «Элвин». Рельеф дна у Паломареса сильно изрезан глубокими каньонами, местами покрыт илом и другими осадками. Через 80 мин после погружения, когда «Элвин», следуя изгибами крутого каньона, достиг глубины 777 м, экипаж аппарата увидел в иллюминатор парашют водородной бомбы. Сама бомба (она представляла собой цилиндр диаметром 609 мм и длиной 3675 мм), очевидно, была им накрыта. Сделав серию фотоснимков, «Элвин» дождался подхода «Алюминаута», который доставил маяк-ответчик и прикрепил его к

¹ Двадцатого января командование ВВС выпустило краткое коммюнике, в котором признало оснащение самолета ядерным оружием, но утверждало, ссылаясь на радиологическое обследование местности, что никакой опасности для жизни и здоровья жителей нет.

¹ Взрыв водородной бомбы вызывается атомным «запалом», т. е. взрывом «обычной» атомной бомбы, а последняя, в свою очередь, взрывается тротилом.

парашюту. Анализ фотографий, выполненный на обеспечивающем судне специалистами, подтвердил, что объект поиска обнаружен.

До 19 марта аппараты тщетно пытались закрепить подъемный трос за стропы парашюта. Затем из-за шторма работа на несколько дней была прекращена. Когда море успокоилось, «Элвин» и «Алюминаут» поочередно пытались зацепить стропы или купол парашюта якорем, спущенным на прочном нейлоновом тросе. Операция эта была трудной: винты аппаратов взмучивали ил, видимость падала до нуля, и после каждой попытки приходилось ждать, пока ил осядет. Наконец, очередная попытка увенчалась успехом. Спасательное судно «Хойст» немедленно приступило к подъему, но трос перетерся об острую грань лапы якоря и оборвался.

Поиск бомбы возобновился, но не представлял уже большого труда. «Алюминаут» нашел ее по сигналам маяка-ответчика, прикрепленного к парашюту. Она лежала у края глубокой расщелины, на глубине

870 м. Снова из-за штормовой погоды работы были приостановлены. 1 апреля под воду ушел «Элвин», но бомба исчезла. Четыре дня продолжался поиск. 5 апреля ее обнаружил КУРВ-3 (течение размывало ил, которым накрыл ее, вероятно, мутьевой поток, образовавшийся во время шторма). Аппарат ухватился за парашют манипулятором, затем сбросил манипулятор, оставив его на парашюте. Спустившийся «Элвин» доставил подъемный трос, но, пытаясь закрепить его на манипуляторе, запутался в стропях парашюта. Когда аппарат все же освободился из «плена», запас энергии аккумуляторных батарей почти иссяк.

На следующий день, 7 апреля, в парашюте таким же образом запутался КУРВ-3. Подъемный трос к этому времени был закреплен на манипуляторе. Оценив обстановку, руководитель операции принял решение поднимать бомбу вместе с аппаратом. На этот раз сбоев не было. Операция по поиску и подъему водородной бомбы завершилась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главная особенность обитаемых аппаратов заключается в том, что они и только они, как уже было отмечено, позволили человеку непосредственно общаться с подводным миром повсюду, на любой глубине океана — активно обследовать придонные объекты, выборочно вести изучение среды, выполнять разнообразные подводно-технические работы. Но успешное выполнение всех указанных функций было бы немыслимо без развитых средств визуального наблюдения, без совершенных, подобных руке человека, рабочих органов и без высокой маневренности, потребовавшей, в частности, значительно меньших по сравнению с обычными подводными лодками размеров аппаратов. Последнее обстоятельство оказалось выгодным и в том отношении, что позволило сравнительно просто решить еще две очень важные для аппаратов задачи — увеличить рабочую глубину погружения и создать эффективную систему экстренного всплытия.

Не удивительно поэтому, что в числе рассмотренных за последние 16 лет аварий подводных аппаратов не было ни одного случая их гибели вследствие причины, не один раз встречавшейся при плавании подводных лодок, — проваливания за предельную расчетную глубину погружения с последующим разрушением прочного корпуса. Аппараты

рассчитывают, как правило, на использование в придонных слоях океана, на работу у грунта, а провалиться там просто некуда. В тех же случаях, когда по тем или иным причинам экстренное всплытие все же требовалось, продувка балластных цистерн и при необходимости сброс твердого аварийного балласта неизменно обеспечивали желаемый эффект. Исключением были аварии из-за нарушения экипажем правил эксплуатации (заполнение, например, аппарата заборной водой через оставленные открытыми или неплотно закрытые люки) или аварийные ситуации, вызванные действием случайных факторов, — запутывание аппарата в оказавшихся на грунте тросах, кабелях, в обломках затонувших судов. Единственное исключение другого порядка составила аварийная ситуация с аппаратом «Алюминат» в устье р. Коннектикут. Заметим также, что недостаточность информации не позволяет судить, отчего не состоялось экстренное всплытие при пожаре на привязном японском аппарате «Юдзуки», опущенном у борта обеспечивающего судна на глубину всего 10 м.

Экстренное всплытие являлось как бы панацеей от многих серьезных бед, в которые попадали аппараты при погружениях. В определенной степени именно это обстоятельство способствовало тому, что аппараты

(а сегодня в мире их насчитывается свыше двухсот, и они совершили уже около десятка тысяч погружений) имели за 16 лет всего четыре аварии с гибелью членов экипажа (табл. 3). За тот же период всего 25 аппаратов попали только в 40 аварий и аварийные ситуации, что также говорит о достаточно высоких эксплуатационных качествах этих современных подводных средств [17, 18].

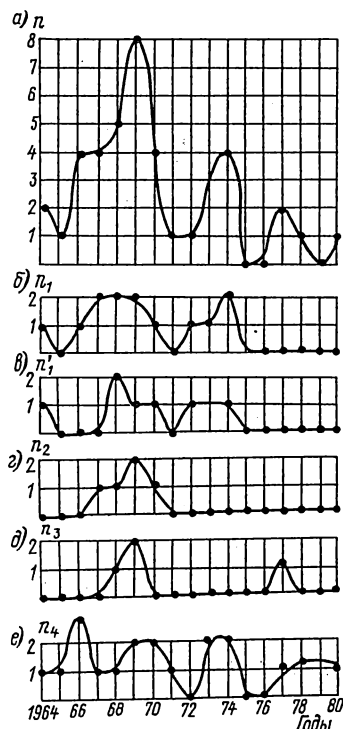
Но все же аварии были. Количество аппаратов в мире возрастает, и следует ожидать, что темпы строительства их в дальнейшем будут увеличиваться [20]. Поэтому предупреждение аварийных ситуаций и устранение причин, приводящих к авариям, имеют и будут иметь первостепенное значение. Судить о безопасности конкретного аппарата лишь по числу приключившихся с ним аварий, конечно, нельзя. Не хватает для этого, хотя бы, данных о количестве совершенных им погружений за определенный период. Да и опыта эксплуатации в целом еще маловато для статистически достоверных выводов.

Попробуем все же проанализировать распределение числа аварий подводных аппаратов за рассмотренный период, классифицировав их по следующим причинам:

	Число аварий	%
Неисправность оборудования аппарата (в том числе короткие замыкания и пожары)	13	32,5 (20)
Неисправность спускоподъемных устройств	5	12,5
Нарушение экипажем правил эксплуатации аппарата	4	10
Случайные внешние факторы	18	45
	40	100

Цифры говорят сами за себя. Каким образом можно их снизить, было рассмотрено ранее.

Приведем графики распределения аварий по годам за тот же период и дадим некоторые пояснения.



Распределение числа аварий подводных аппаратов в 1964—1980 гг.; произошедших по различным причинам: а — общее число аварий $n = n_1 + n_2 + n_3 + n_4$; б — неисправность оборудования (n_1); в — в том числе короткие замыкания и пожары (n_1'); г — неисправность СПУ (n_2); д — нарушение экипажем правил эксплуатации аппарата (n_3); е — воздействие случайных факторов (n_4).

Общее число аварий. В начальный период эксплуатации подводных аппаратов в 1964—1965 гг. общее число аварий было невелико, поскольку и аппаратов было в то время немного. Аварийность в этот период объяснялась несовершенством проектов, недостатками технологии постройки аппаратов, незначительным опытом экипажей. В 1968—1974 гг. число аппаратов и количество погружений быстро возрастало. Аварийность поэтому увеличилась. Одновременно шел процесс совершенствования аппаратов, улучшения подготовки экипажей, приобретения опыта управления аппаратами в различных ситуациях. Постепенно

**Распределение аварий подводных аппаратов в 1964—1980 гг.
с гибелью членов экипажа по различным причинам**

Аппарат (экипаж, чел.)	Число погибших	Причина аварии. Глубина, м	Продолжительность спасательной операции, ч	Причина гибели членов экипажа
«Нектон Бета» (2)	1	Нарушение правил эксплуатации. 75	—	Заполнение аппарата бортовой водой через расколотый иллюминатор (второй член экипажа спасся методом свободного всплытия)
«Джонсон Си Линк» (4)	2	Случайные внешние факторы. 110	30	Переохлаждение (два члена экипажа спасены)
«Юдзуки» (2)	2	Короткое замыкание и пожар в прочном корпусе. 10	0,5	Отравление токсичными газами
«Моана» (4)	1	Нарушение правил эксплуатации. 40	7	Неудачная попытка свободного всплытия (два члена экипажа спаслись методом свободного всплытия, третий спасен)

эти положительные факторы стали превалировать над негативными, и аварийность стала спадать. Задача, следовательно, состоит в том, чтобы в будущем, насколько возможно, удерживать эту тенденцию.

Попытаемся дать дополнительное объяснение всплеску аварийности в 1967—1970 гг. Проведем для этого аналогию с аварийностью в работе водителей автотранспорта. Известно, что максимальная аварийность по вине водителя приходится на третий-четвертый год его работы. Он не стал еще «тигром», но уже мнит себя «львом». Это естественный этап в развитии квалификации, пожалуй, каждого специалиста. У потенциально хорошего водителя это быстро проходит, и он остепеняется. Нечто похожее могло быть и с пилотами первых подводных аппаратов. Ведь аппаратов в те годы было немного, пилотов тоже. Командиры-пилоты не менялись годами. И, по всей вероятности, можно считать, что в период 1965—1971 гг. большинство из них преодолело «тернистый путь»

от мнимого «тигра» до настоящего «льва».

Аварии из-за неисправностей СПУ.

С начала 70-х годов число аварий аппаратов из-за недостатков и неисправностей спуско-подъемных устройств заметно сократилось. Объясняется это тем, что в роли судов-носителей стали использоваться катамараны, существенно упростившие спуско-подъемные операции, особенно на волнении. Совершенствовались, разумеется и собственно спуско-подъемные устройства. На кормовых СПУ стали применяться системы отслеживания по волне, что позволило производить операции спуска и подъема аппаратов массой до 20 т на волнении до 4—5 баллов, даже на однокорпусных судах-носителях.

Случайные аварии. Распределение по годам аварий аппаратов от воздействия случайных внешних факторов почти не менялось за рассмотренный период. Объясняется это, вероятно, самой природой причины. Ее трудно предвидеть.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ОБ АВАРИЯХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Аппарат	Год, время года или месяц аварий	Характеристика аварии (аварийной ситуации)	Район аварии. Глубина, м	Принятые меры	Последствия аварии для экипажа
«Три-ест-2» (США)	1964, июль	Короткое замыкание в цепи главного гребного электродвигателя	Атлантический океан, 220 миль от Бостона. 2460	Экстренное всплытие на поверхность	Экипаж не пострадал
	1967	Быстрое неожиданное проваливание в глубину во время контрольных испытаний. Вентиляционные отверстия в шпангоутах бензиновых цистерн поплавка оказались меньше расчетных	—	Сброс аварийного балласта и всплытие на поверхность	То же
	1977	Повреждение передающей телевизионной камеры в результате удара о подводную придонную возвышенность	Атлантический океан, впадина Кайман южнее Кубы. 4500	—	» »
«Ашер» (США)	1964, лето	Удар о подводный коралловый риф под воздействием внутренних волн. В иллюминаторе образовалась трещина, через которую внутрь аппарата стала поступать забортная вода	Эгейское море. 6	Оператор продул балластную цистерну, и аппарат всплыл на поверхность	» »
«Дениза» (Франция)	1965	Аппарат запутался в случайно оказавшемся на грунте манильском тросе	Район у Тихоокеанского побережья США	Сброс аварийного балласта и всплытие на поверхность	» »
«Алюминаут» (США)	1966, весна	Аппарат заскользил по крутому склону шельфа, провалился на 240 м и погрузился в ил	Средиземное море, близ Паломареса. 780	Сброс всего аварийного балласта. Аппарат оторвался от илистого грунта и всплыл на поверхность	» »

Аппарат	Год, время года или месяц аварий	Характеристика аварии (аварийной ситуации)	Район аварии. Глубина, м	Принятые меры	Последствия аварии для экипажа
«Эл-вин» (США)	1966	Аппарат перешел границу слоев воды с резким снижением плотности и стал быстро проваливаться в глубину	Район устья р. Коннектикут	Продувка балластных цистерн, сброс всего аварийного балласта, включение на полную мощность вертикального винта на всплытие предотвратили удар о грунт и повреждение аппарата	То же
	1968, август	В результате короткого замыкания сгорело уплотнительное кольцо в кабельном вводе — внутрь прочного корпуса аппарата стала поступать забортная вода	Атлантический океан, близ Векуес Айленд. 1880	Сброс всего аварийного балласта и всплытие на поверхность	Экипаж не пострадал
	1969, август	Пробой изоляции обмотки электродвигателя масляного насоса. Содержание углекислого газа в аппарате достигло предела	Атлантический океан, юго-восточнее базы Вудс-Холл. 1530	Экстренное всплытие на поверхность	То же
	1966, весна	Аппарат запутался в стропах парашюта водородной бомбы	Средиземное море, близ Паломареса. 765	Аппарат освободился самостоятельно	» »
	1967	Меч-рыба проткнула обшивку легкого корпуса вблизи иллюминатора. Забортное оборудование не повреждено	Атлантический океан, близ Флориды. 610	—	» »
	1968, октябрь	Аппарат вместе с экипажем сорвался с подъемника обеспечивающего судна и затонул с открытым люком	Атлантический океан, 135 миль юго-восточнее базы Вудс-Холл. 1524	Аппарат поднят в августе 1969 г. Прошел ремонт и модернизацию	Экипаж успел покинуть аппарат на поверхности
	1974, лето	Аппарат застрял в скальных выступах при обследовании узкого каньона	Атлантический океан. 2745	Аппарату удалось освободиться самостоятельно после длительного маневрирования переменной хода — вперед и назад	Экипаж не пострадал
«Стар-3» (США)	1966, август	Внезапное полное прекращение электропитания, потеря хода. Из-за неисправности масляного компенсатора гидростатическим давлением раздавлен контейнер с аккумуляторной батареей	Район Бермудских островов	Экстренное всплытие на поверхность	То же

Аппарат	Год, время года или месяца аварий	Характеристика аварий (аварийной ситуации)	Район аварии. Глубина, м	Принятые меры	Последствия аварии для экипажа
«Дип Лайвер» (США)	1967, лето	Обрыв и отсутствие связи с обеспечивающим судном в течение 4,5 ч из-за неисправности передатчика звукоподводной связи	Атлантический океан. 280	Окончив работу, аппарат всплыл на поверхность вблизи обеспечивающего судна и доложил о неисправности передатчика звукоподводной связи	То же
	—	Резкий запах гарн внутри аппарата из-за короткого замыкания на распределительном щите электросети	Атлантический океан, близ Ньюфаундлендской банки. 180	Экипаж надел дыхательные маски. Экстренное всплытие на поверхность	
	—	Повреждение кормовой части легкого корпуса и приемопередающей акустической системы гидролокатора вследствие эксплуатации аппарата спускоподъемным устройством нештатного обеспечивающего судна и буксировки в базу при сильном волнении	—	Аппарат поставлен на ремонт	
«Дип Стар-4000» (США)	1967, лето	Падение аппарата на воду при спуске с обеспечивающего судна из-за того, что самопроизвольно раскрылся грузовой гак кормового крана. Поврежден легкий корпус и некоторое забортное оборудование	Атлантический океан, близ Флориды	Модернизация гака и указателя его положения	» »
	1968	Аппарат отнесен сильным подводным течением далеко от обеспечивающего судна. Потеряна звукоподводная связь с судном	Мексиканский залив	Аппарат всплыл на поверхность. Аккумуляторная батарея полностью разрядилась, радиосвязь установить не удалось. Аппарат обозначил себя сигнальными ракетами, был обнаружен и доставлен к борту обеспечивающего судна	» »
	1969	Собрав образцы донного грунта, аппарат уяз в слое ила и не мог от него оторваться для всплытия. Отказали в работе система осуше-	Шельф атлантического побережья США	Аппарат всплыл на поверхность после продувки ртути из дифференциальной системы сжатым	» »

Аппарат	Год, время года или месяц аварий	Характеристика аварий (аварийной ситуации)	Район аварии. Глубина, м	Принятые меры	Последствия аварии для экипажа
«Шелф Дайвер» (США)	1969	ния уравнильной цистерны, гидравлический и ручной механизмы сброса твердого балласта, гидравлическое устройство слива ртути из дифферентной системы. Впоследствии обнаружена течь в трубопроводе уравнильной цистерны, механическое заедание в системе гидравлики, заедание твердого балласта в обтекателях устройства сброса при дифференте аппарата Проходящее судно зацепило трос буй, буксируемого аппаратом при выполнении подводных работ, и потащило аппарат за собой. Поврежден легкий корпус аппарата	Мексиканский залив	Проходящее судно срочно остановили, буйреп перерезали водолазы. В дальнейшем аппараты стали оснащаться устройствами для быстрой отдачи буйрепа в аварийной обстановке	Экипаж не пострадал
	1970	При осмотре подводного нефтепровода аппарат повредил легкий корпус в результате удара о жесткий якорный буй. Причина удара — недостаточность визуального обзора через иллюминаторы и низкая разрешающая способность гидролокатора	—	—	То же
«Дип Квест» (США)	1969	Аппарат намотал на винт полипропиленовый трос, закрепленный на грунте, и не мог всплыть самостоятельно	Тихий океан, близ Калифорнии. 130	Помощь оказана аппаратом «Нектон Бета»; «Дип Квест» всплыл самостоятельно	» »
«Си Клиф» и «Тартл» (США)	1969	Аппараты отнесены сильным подводным течением далеко от обеспечивающего судна и потеряли с ним звукоподводную связь	Атлантический океан, район глубоководной впадины Тонга	Аппараты всплыли на поверхность. Аккумуляторные батареи полностью разрядились, радиосвязь установить не удалось. Аппараты обозначили себя сигналами ракетами, были обна-	» »

Аппарат	Год, время года или месяц аварий	Характеристика аварий (аварийной ситуации)	Район аварии. Глубина, м	Принятые меры	Последствия аварии для экипажа
«Бивер Марк-IV» (США)	1969	Волна подняла аппарат, установленный на слипе обеспечивающего судна, и ударила о тележку, повредив легкий корпус и некоторое забортное оборудование	Атлантический океан, близ о. Каталина	ружены и доставлены к борту обеспечивающего судна —	То же
	1970, июнь	При спуске аппарата на воду с судна-носителя самопроизвольно разомкнулось устройство для сбрасывания аккумуляторной батареи. Контейнер с батареей упал в воду и затонул	—	—	Экипаж не пострадал
	1970, июль	Пожар внутри прочного корпуса при нахождении аппарата на большой глубине из-за короткого замыкания силовой сети	Залив Санта-Барбара	Экипаж надел дыхательные маски и ликвидировал пожар огнетушителем. Экстренное всплытие аппарата на поверхность	То же
«Бен Франклин» (США)	1969	Меч-рыба проткнула обшивку легкого корпуса вблизи иллюминатора	Атлантический океан, район Гольфстрима. 282	—	» »
	1970, апрель	Обеспечивающее судно, к корме которого был пришвартован аппарат, сорвало штормом с якоря и вместе с аппаратом снесло на рифы. Значительно поврежден легкий корпус аппарата и контейнер с аккумуляторной батареей	—	—	» »
«Нектон Бета» (США)	1970, сентябрь	В результате удара аппарата мотоботом, сорвавшимся при его подъеме с грунта, расколот акриловый иллюминатор, через который аппарат был затоплен водой. Поврежден легкий корпус и электронное оборудование	Атлантический океан, близ о. Санта-Каталина	—	Пилот поднят на поверхность методом свободного всплытия. Второй оператор погиб
«Гаппи» (США)	1970	В штормовую погоду аппарат, установленный на палубе судна-носителя и оставленный	Залив Санта-Барбара	—	Экипаж не пострадал

Аппарат	Год, время года или месяц аварий	Характеристика аварий (аварийной ситуации)	Район аварии. Глубина, м	Принятые меры	Последствия аварии для экипажа
SP-3000, «Сиана» (Франция)	1972	незакрепленным, сорвался с киль-блоков и повис на грузовом гаке. Повреждены легкий корпус и забортное оборудование Короткое замыкание в цепи питания гребного электродвигателя из-за плохого уплотнения в кабельном разъеме	Атлантический океан, район Багамских островов	—	
	1970, осень	Затонул без экипажа во время глубоководных испытаний. Аппарат, которому придали отрицательную плавучесть, опускали на испытательную глубину на тросе с обеспечивающего судна. Во время спуска вывинтился болт соединительной скобы, которой трос крепился к рыму аппарата	Тирренское море. 3000	—	Экипаж не пострадал
	1974, июль	Вышел азот из контейнеров гребных электродвигателей, и они были раздавлены гидростатическим давлением. Аппарат потерял ход	Атлантический океан, рифовая зона Срединно-Атлантического хребта. 2000	Экстренное всплытие на поверхность	То же
	1971	Затонул у борта обеспечивающего судна из-за воздействия тайфуна	Тихий океан	—	» »
	1973, июль	Короткое замыкание и пожар в прочном корпусе	Атлантический океан, рифовая зона, Срединно-Атлантического хребта. 2700	Пожар ликвидирован экипажем. Экстренное всплытие на поверхность	» »
«Архимед» (Франция)					
«Пай-сис-3» (Канада)	1973, лето	Работая на грунте, аппарат повредил тросом клапан вентиляции уравнильной цистерны, в результате чего выгородка электромасляного насоса цистерны была затоплена забортной водой, и аппарат затонул. Аппарат не имел возможности всплыть самостоятельно, так как не мог компенсировать большую отрицательную плавучесть	Атлантический океан, юго-западнее Ирландии	Аппарат был поднят на поверхность судами «Виккерс-Вояжер» и «Джон Кэбот»	» »

Аппарат	Год, время года или месяц аварий	Характеристика аварии (аварийной ситуации)	Район аварии. Глубина, м	Принятые меры	Последствия аварии. для экипажа
«Джонсон Си Линк» (США)	1973, лето	Аппарат был втянут сильным придонным течением в пробоину затопленного эсминца, зацепился за его леерное ограждение и не имел возможности освободиться самостоятельно	Атлантический океан, близ Флориды. 110	Помощь оказана необитаемым аппаратом с судна «Вууд»	Пилот и наблюдатель не пострадали. Два акванавта погибли
«Юдзуки» (Япония)	1974, июнь	Короткое замыкание и пожар в прочном корпусе с выделением большого количества токсичного дыма	Тихий океан, Токийская бухта. 10	Экипаж сообщил об аварии, и аппарат был срочно поднят на поверхность	Оба члена экипажа погибли
TS-1, РС-9 (США)	1974, октябрь	Аппарат намотал на винт полипропиленовый трос мертвого якоря и не имел возможности самостоятельно освободиться	Атлантический океан, северо-восточнее Шотландии. 85	Экипаж сообщил об аварии. Помощь оказана акванавтами с судна «Челленджер»	Экипаж не пострадал
	1978, март	Аппарат запутался в полипропиленовом тросе, случайно оказавшемся на грунте, и не мог самостоятельно освободиться	Атлантический океан, близ Шотландии. 98	Экипаж сообщил об аварии. Помощь оказана акванавтами аппарата РС-1202, доставленного с судна «Интерсаб-3»	То же
«Моана» (Франция)	1977	Аппарат затонул при показательных погружениях из-за неплотно закрытого рубочного люка	Средиземное море, близ Марселя. 40	Аппарат был поднят на поверхность обеспечивающим судном	Два члена экипажа поднялись на поверхность методом свободного всплытия; третий последовал их примеру, но погиб; четвертый остался в аппарате и был спасен
РС-1602 (США)	1980, ноябрь	Аппарат намотал на винт случайно оказавшийся на грунте синтетический трос, закрепленный на мертвом якоре, и не смог всплыть самостоятельно	Средиземное море, между Тунисом и Сицилией. 530	Помощь оказана рабочей камерой обеспечивающего судна «Регно Дью»	Экипаж не пострадал

ПРОБЛЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ



Это приложение помещено для ознакомления читателей со взглядами некоторых зарубежных специалистов на проблему жизнеобеспечения обитаемых средств освоения Мирового океана *.

Общие сведения

Создание необходимых условий для жизнедеятельности людей, вынужденных работать при повышенном давлении окружающей среды, является задачей исключительного значения в научном, техническом и социальном плане. Все технические мероприятия, направленные на решение этой важнейшей задачи, принято объединять в понятие «жизнеобеспечение».

В подводной технике функции систем жизнеобеспечения сводятся к следующему:

поддержание в пределах допустимых значений парциального давления кислорода;

максимально возможное снижение концентрации углекислого газа;

поддержание в определенном диапазоне температуры и влажности;

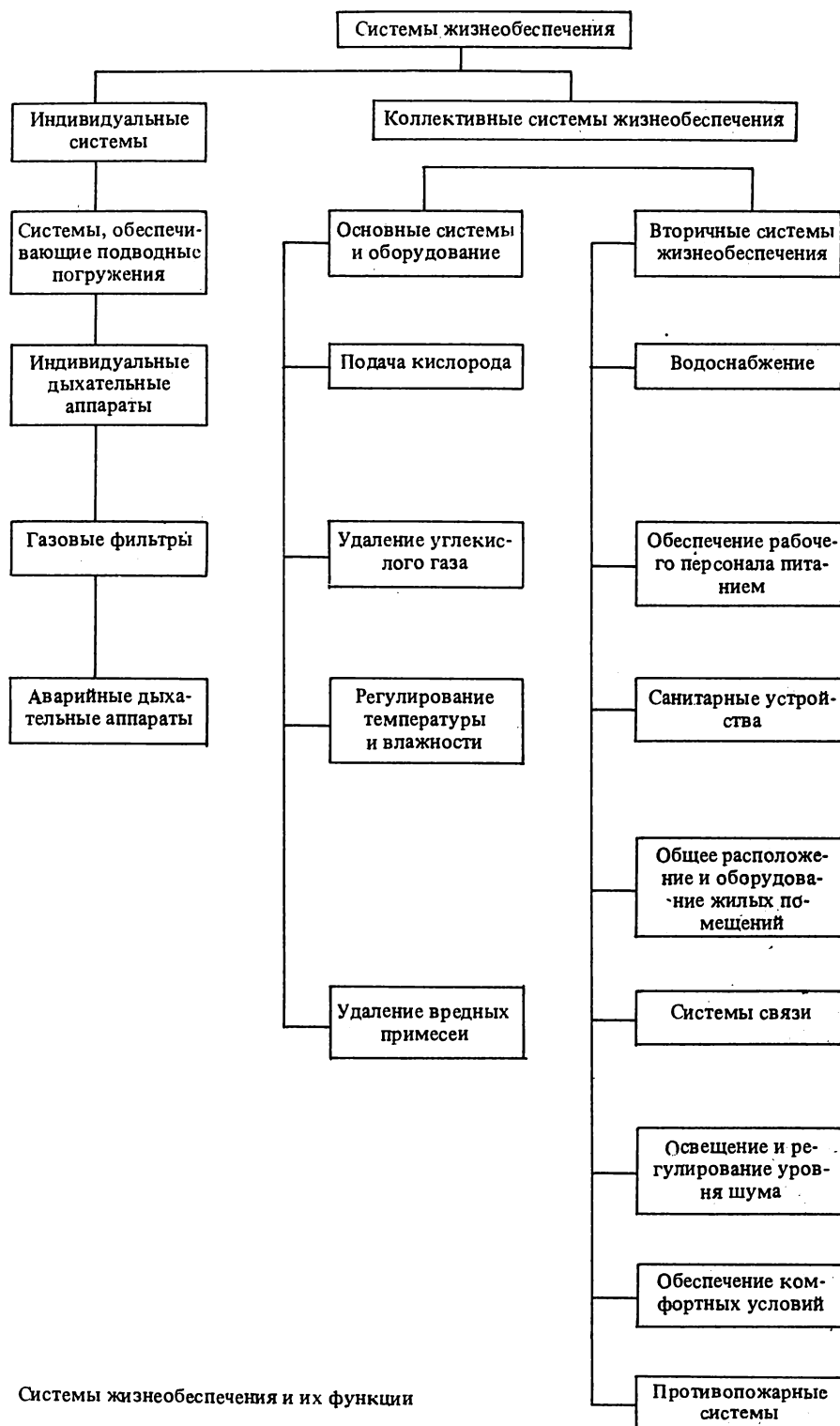
удаление из внутренней атмосферы углекислого газа, метана, капель масла, пыли и микроорганизмов.

К проблемам жизнеобеспечения относятся также нормальное функционирование санитарного оборудования, водоснабжение, создание определенной освещенности, снижение шумового фона, оптимальное общее расположение и проблемы безотказной связи.

Сначала рассмотрим технические средства, с помощью которых выполняются функции индивидуального и коллективного жизнеобеспечения. Затем остановимся на остальных проблемах, которые имеют не меньшее значение для успеха подводных погружений.

Поскольку индивидуальное жизнеобеспечение осуществляется почти во всех случаях дыхательными аппаратами, достаточно хорошо известными, остановимся более подробно на коллективных средствах; характерных для интересующих нас барокомплексов, имитационных установок, погружающихся камер и подводных аппаратов с водолазными отсеками. Следует отметить, что коллективные и индивидуальные средства жизнеобеспечения имеют определенные общие черты. Физиологические проблемы будут рассматриваться лишь в той степени, в какой это необходимо для пояснения предлагаемых технических решений.

* Герхард Хаукс. Подводная техника. Пер. с нем. Л., Судостроение, 1979.



Основные функции систем жизнеобеспечения

Поддержание допустимого парциального давления кислорода

Главной функцией любой системы жизнеобеспечения является контроль и регулирование допустимого парциального давления кислорода. Эта величина на уровне моря составляет 0,02 МПа, что соответствует 21 % содержания кислорода в атмосферном воздухе. Медицинские исследования показали практическую безвредность для человека снижения содержания кислорода до 14—15 % (это соответствует парциальному давлению 0,014—0,015 МПа). Минимально допустимый уровень равен 10—11 % (0,010—0,011 МПа), однако при этом уровне возможно явление гипоксии, т. е. острого дефицита кислорода, что может вызвать потерю сознания и даже смертельный исход. Симптомы гипоксии — общую слабость, посинение губ, нарушение координации движений — редко своевременно замечают сами пострадавшие.

Превышение парциального давления кислорода сверх допустимого уровня также может вызвать неприятные последствия. Так, при длительном воздействии повышенного парциального давления кислорода в альвеолах легких происходят необратимые изменения, а при особенно высоких его значениях может наступить кислородное отравление.

По данным американских исследователей, уже после 12-часового пребывания человека в атмосфере с парциальным давлением кислорода 0,06 МПа появляются болезненные симптомы в легких. Однако при парциальном давлении 0,02—0,05 МПа время пребывания человека в атмосфере практически не ограничивается.

Если предстоит длительная ра-

бота под водой, парциальное давление кислорода должно устанавливаться минимально допустимым, хотя это приводит к увеличению периода декомпрессии. В случае непродолжительного пребывания человека под действием высокого парциального давления (например, при дыхании чистым кислородом во время декомпрессии) рекомендации различных специалистов относительно предельно допустимых уровней расходятся. Можно, однако, ориентироваться на предельное значение 0,18 МПа, хотя допустимы отклонения от него, обусловленные продолжительностью воздействия, характером выполняемой работы под водой, содержанием углекислого газа на вдохе и физиологическим состоянием работающих.

В отличие от состояния кислородной недостаточности (гипоксии) при избытке кислорода болезненные симптомы замечаются пострадавшими на ранних стадиях, когда еще не поздно предотвратить необратимые пагубные последствия. Эти симптомы проявляются в подергиваниях мышц лица или губ, состоянии тошноты и головокружения. На последующих стадиях происходит сокращение поля зрения, искажение звучания голоса, ощущение звона в ушах и затруднение дыхания. Кроме того, возможно появление чувства тревоги и страха, внимание рассеивается и координация движений нарушается. Этим последним признакам кислородного отравления могут предшествовать судороги и спазмы дыхания.

Очевидно, что все эти болезненные последствия, особенно судороги и спазмы дыхания, чрезвычайно опасны в подводных условиях. При конвульсиях пострадавший может наткнуться на острые и твердые предметы, прикусить себе язык и т. д. Поэтому люди, находящиеся в погружающейся камере, должны принимать все меры для того, чтобы уберечь пострадавших от этих травм.

Поддержание допустимого парциального давления углекислого газа

В обычном воздухе при нормальном атмосферном давлении содержится в среднем 0,033 % углекислого газа. Это соответствует парциальному давлению 33 Па, которое весьма желательно было бы поддерживать и в искусственной газовой атмосфере. Однако, хотя технически это осуществимо, затраты на соответствующую аппаратуру оказываются столь значительными, что достижение поставленной задачи становится экономически неоправданным.

Выход из этого затруднения подсказывает сам человеческий организм, который практически без вреда для себя переносит более высокие парциальные давления углекислого газа. По данным американских исследователей, допустимые парциальные давления углекислого газа находятся в диапазоне 500—3000 Па. Другие рекомендации ограничивают эту величину гораздо больше, но выполнить их практически невозможно. В дальнейших рассуждениях будем ориентироваться на максимально допустимое парциальное давление углекислого газа 1500 Па. Установлено, что при парциальном давлении 5000 Па у водолазов начинается одышка, при 0,01—0,15 МПа возникают спазмы дыхания, а в дальнейшем могут одеревенеть мышцы и даже наступить потеря сознания. Однако при подаче свежего воздуха самочувствие водолаза улучшается и приходит в норму. Отравление углекислым газом дает особенно тяжелые последствия при снижении парциального давления кислорода.

Регулирование температуры и влажности

Наиболее благоприятной для человеческого организма считается температура окружающей атмосфе-

ры от 18 до 22 °С (в зависимости от характера деятельности) и относительная влажность 50—65 %.

Практически эти параметры не изменяются и под давлением (если газовый состав остается постоянным). Считается, что указанные значения температуры и влажности обеспечивают нормальные условия жизнедеятельности до давления 0,5—0,6 МПа. Однако это положение меняется, если в газовой смеси вместо азота используется другой инертный газ, обладающий иной теплопроводностью. В практике глубоководных погружений таким заменителем обычно является гелий, имеющий в семь раз более высокую теплопроводность, чем азот. В результате теплоотдача человеческого организма сильно возрастает, поэтому гелиево-кислородные дыхательные смеси должны подогреваться до более высоких температур, чем обычный атмосферный воздух. При использовании искусственных дыхательных смесей с очень высоким содержанием гелия (порядка 95 %) их необходимо подогревать до температуры не ниже 30—34 °С. Ясно, что в нормальной атмосфере при такой температуре было бы слишком жарко.

Однако относительную влажность искусственных газовых смесей, как показывает опыт, следует поддерживать на уровне, рекомендуемом для атмосферного воздуха, т. е. равной 50—65 %.

При выборе системы регулирования влажности необходимо учитывать количество работающих водолазов в погружающейся камере, выпадение влаги вследствие выделения углекислого газа, испарения в санитарном блоке (главным образом, в душах) и занесение влаги водолазами снаружи. Если первые два фактора довольно точно оцениваются расчетным путем, то два последних устанавливаются по опытным данным, обусловленным характером и интенсивностью подводных работ.

Удаление вредных примесей

Хотя основная функция систем жизнеобеспечения заключается в поддержании приемлемых значений парциального давления кислорода и углекислого газа, а также температуры и влажности, не меньшее значение имеет проблема удаления вредных примесей из внутренней атмосферы. К числу таких вредных примесей относятся сероводород, аммиак, окись углерода, водород, сернистый газ, метан, пахучие вещества, масляные капли и различные микроорганизмы.

Окись углерода выделяется не только при дыхании людей, но и в результате протекающих процессов обмена веществ в человеческом организме. В системах жизнеобеспечения, работающих по полностью замкнутому циклу, эти примеси незаметно накапливаются и своевременно должны быть удалены.

Следует иметь в виду, что окись углерода и другие вредные примеси выделяются также из отдельных материалов погружающейся камеры (красок, клеев и т. д.) или попадают внутрь со сжатым воздухом. При длительном пребывании людей под повышенным давлением содержание окиси углерода во внутренней атмосфере не должно превышать 50 мг/м^3 , что соответствует объемному содержанию $0,005 \%$ (по американским рекомендациям, эта величина составляет 20 мг/м^3 , т. е. $0,002 \%$).

Нормативы для некоторых вредных примесей установлены применительно к нормальному атмосферному давлению (для 8-часового рабочего дня) и представлены ниже:

Вредные примеси	Допустимое содержание, мг/м^3
Аммиак	50
Углекислый газ	1000
Окись углерода	50
Фреон-12	1000
Двуокись азота	5
Масляные взвеси	5
Озон	0,1
Фосген	0,1
Двуокись серы	5

Для высоких давлений определенных согласованных данных пока нет.

Прочие функции систем жизнеобеспечения

Водоснабжение

При кратковременном пребывании людей под высоким давлением в принципе можно обойтись без устройства постоянной системы водоснабжения. При необходимости воду в больших емкостях подают в камеры через специальный шлюз обеспечения. Однако длительная работа людей в подводных условиях требует постоянной подачи в камеру пресной воды и в достаточном количестве (имеется в виду удовлетворение санитарно-гигиенических, а не технических нужд). Как правило, пресная вода должна поступать под давлением $0,5—0,6 \text{ МПа}$ выше давления, соответствующего установленной глубине погружения.

Обеспечение продуктами питания и питьевой водой

При кратковременном пребывании людей под повышенным давлением обеспечение их продуктами питания и питьевой водой не представляет сложной проблемы. Тем не менее нередко даже на сравнительно небольших погружающихся камерах для этой цели устраиваются специальные шлюзы.

Однако высококачественное и своевременное питание людей, находящихся длительное время в подводных условиях, приобретает большое значение. Неудивительно, что профессия кока у водолазов пользуется особым уважением.

Главные рекомендации относительно качества пищи остаются такими же, как и для нормальных условий, т. е. продукты питания должны содержать необходимое количество жиров, белков, углеводов, минеральных веществ и витаминов. Однако следует иметь в виду специ-

фические условия пребывания под повышенным давлением, сказывающиеся, например, в изменениях ощущения вкуса и восприятия запахов. Особенно заметно эти изменения проявляются в искусственной газовой атмосфере с высоким содержанием гелия. Учитывая повышенную теплоотдачу организма в гелиево-кислородной среде, водолазу необходимо большое количество калорийной пищи. Имеющиеся данные указывают, что человеку в этих условиях требуется не менее 4000—6000 калорий в день.

Потребление жидкости при повышенном давлении остается близким к норме в обычных условиях (минимум 2 л на человека в день). Жидкость для питья рекомендуется давать водолазам в виде кофе, чая и фруктовых соков.

Остальные рекомендации кратко сводятся в следующем:

- необходимо отказаться от приготовления пищи в камере, чтобы не перегружать системы регенерации внутренней атмосферы;

- следует исключить из рациона бобовые блюда;

- нужно учитывать, что хлебобулочные и другие выпечные изделия сильно деформируются при повышенном давлении;

- рис в этих условиях становится комковатым, бананы быстро портятся, хотя цитрусовые (например, апельсины) хорошо переносят повышенное давление;

- целесообразно отдавать предпочтение маложирным продуктам (из-за повышенной опасности тромбоза);

- следует иметь в виду, что консервные банки, герметизируемые в вакууме, деформируются при повышенном давлении, и их потом трудно вскрывать;

- целесообразно отдавать предпочтение посуде и столовым приборам из нержавеющей стали;

- если замороженный продукт оттаял, ни в коем случае нельзя допускать его повторного замораживания;

в погружающейся камере необходимо иметь аварийный запас продуктов питания.

Санитарные блоки

На крупных погружающихся камерах, как правило, оборудуются полноценные санитарные блоки. Опыт показывает, что целесообразно предусматривать возможность их герметизации для проведения дезинфекции.

Если в комплексе несколько независимых отсеков, в каждом из них должен быть оборудован свой санитарный узел. Устройство одного общего санитарного блока для всех отсеков на практике себя не оправдало.

По существующим нормам в состав санитарного блока должны входить умывальник с подачей холодной и горячей воды, душевое устройство, унитаз и резервуар для сточных вод. Необходимо предусматривать специальные предохранительные устройства, исключающие отказы в функционировании санитарного блока. Емкость прочного резервуара для сточных вод, равная 30 л, считается достаточной для четырех человек.

Внутреннее оборудование

Современные погружающиеся комплексы имеют довольно просторные помещения. Обычно на каждого водолаза приходится примерно 5 м³ внутреннего объема. Однако в старых конструкциях, которые еще встречаются, отсеки весьма тесны, и водолазы часто не могут в них выпрямиться во весь рост.

В ходе проектирования комплексов, работающих под давлением, для людей необходимо оставлять как можно больше внутренних объемов. Следует предусмотреть также место для своеобразной кают-компаний, где водолазы могли бы собираться вместе, например для приема пищи или отдыха. В качестве минимального требования к комфорту необ-

Объемы внутренних помещений некоторых комплексов, работающих под давлением

Название комплекса	Внутренний диаметр камеры, мм	Количество отдельных отсеков	Общий объем внутренних помещений, м ³	Объем, приходящийся на одного человека, м ³
Глубоководный комплекс судна «Арктик Сил»	2150	8	75	6,25
Глубоководный комплекс судна «Сиуэй Фалькон»	2150	4	40	4,4
Имитатор погружений в Цюрихе	2000	3 (без «мокрого» отсека)	24	8

ходимо предусмотреть большой стол и удобные места для сидения. Кроме того, требуется выделить место для «зон покоя», где водолазы при круглосуточной работе обретали бы индивидуальную комфортную среду (например, для полноценного сна).

Следует стремиться, несмотря на ограниченность внутренних объемов, устраивать возможно более удобные и просторные спальные места. Особого внимания требуют всевозможные кладовки, шкафы, вешалки. Шкафы целесообразно устраивать с раздвижными дверцами. Все это должно обеспечивать реализацию общепринятого среди водолазов принципа: «Поддерживай на месте работы порядок — и порядок будет поддерживать тебя!»

Наконец, нельзя обойти вниманием цветовое оформление внутренних помещений. Соответствующие рекомендации с учетом наиболее благоприятного физиологического восприятия различных цветов разработаны достаточно полно.

Системы связи

Главным условием безопасности подводных погружений или экспериментов в имитационных комплексах является безотказная связь с водолазами или участниками исследований, находящимися под повышенным давлением. Для выполнения этого условия, например, система голосовой связи должна быть продублирована не зависящими друг от друга устройствами.

При работе в гелиево-кислородной дыхательной атмосфере, искажающей человеческую речь, должны использоваться специальные «корректоры» речи. Выпуск таких устройств освоен рядом промышленных фирм.

Разговорная связь, обычно обеспечивается следующими системами: безбатарейными телефонами; симплексными системами с громкоговорителями и усилителями; дуплексными системами с электрическим переключающим устройством, громкоговорителями и усилителями; «корректором» речи с громкоговорителями и усилителями; для автономных комплексов или в случае аварии — беспроводными переговорными системами. На крупных комплексах дополнительно предусматриваются средства телевизионной связи. Телевизионные системы (несмотря на одностороннюю связь) значительно повышают безопасность, поскольку обеспечивают постоянный визуальный контроль за тем, что происходит внутри камеры.

Следует упомянуть телефотопередающие системы, позволяющие принимать даже на очень больших расстояниях написанный от руки текст или рисунки. Система связи включает также всевозможные предупредительные табло, сигнальные лампочки, различные звуковые анализаторы и так называемые кнопки безопасности, заменяющие в определенных ситуациях голосовые системы связи.

Освещение и противошумные мероприятия

Освещение внутренних помещений комплексов, работающих под повышенным давлением, должно соответствовать общепринятым нормам. Погружающиеся камеры, лишённые в эксплуатационных условиях естественного светового фона, требуют более мощных средств освещения.

Наиболее трудная задача в плане противошумных мероприятий, требующая значительных материальных затрат, связана с подавлением шума при подаче больших масс газа внутрь барокамеры или при выходе их из нее. В системах жизнеобеспечения, действующих по замкнутому циклу, наибольшую шумность имеют устройства, обеспечивающие циркуляцию газа.

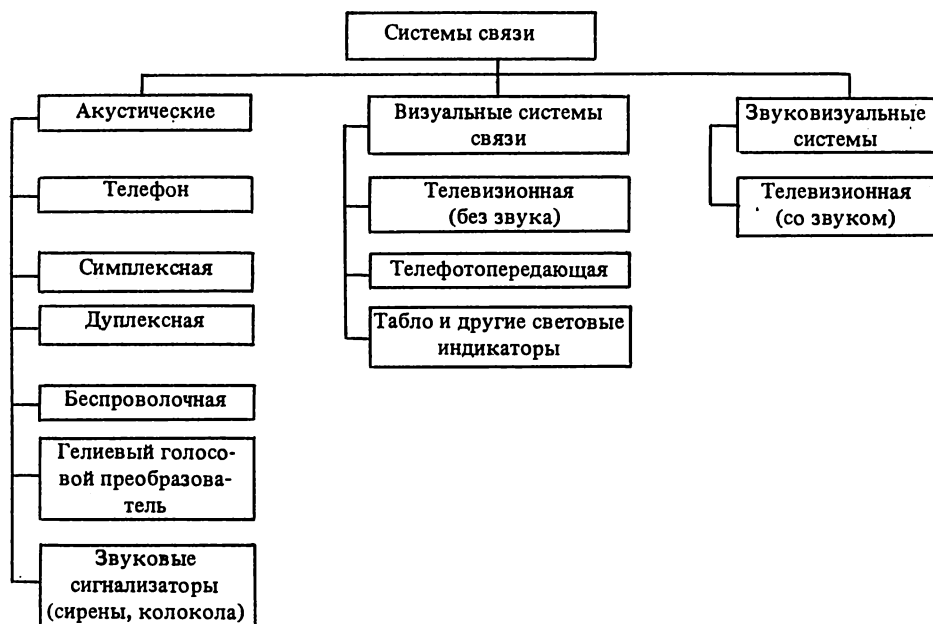


Схема систем связи в комплексах, работающих под повышенным давлением.

Проблемы свободного времени

Учитывая, что люди вынуждены находиться длительное время (исчисляемое иногда неделями) в тесных помещениях барокамер или погружающихся комплексов, проблема их свободного времени приобретает немаловажное значение. Эта проблема осложняется не только длительным совместным пребыванием людей с различными характерами и при-

вычками в условиях изоляции от внешнего мира (что уже является серьезным стрессовым фактором), но и трудностями жизни и работы в атмосфере повышенного давления. В этих обстоятельствах определенную положительную роль играют хорошо продуманные способы проведения свободного времени: просмотры специально подобранных кинофильмов и телевизионных программ, чтение развлекательной и

серьезной литературы; злоупотреблять музыкой не рекомендуется, для этого следует использовать индивидуальные наушники, подключенные к магнитофону.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность является важнейшим аспектом жизнеобеспечения погружающих камер или имитаторов погружений. Появление огня внутри ограниченных изолированных объемов мгновенно делает

внутреннюю атмосферу непригодной для дыхания. Не уменьшая значения активных средств тушения огня (огнетушителей) в этих условиях, которые при работе не должны представлять дополнительной опасности для людей, предпочтение все же следует отдавать пассивным противопожарным средствам, т. е. возможно более широкому использованию негорючих материалов и созданию конструкций, исключающих возникновение и тем более распространение огня.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажажа В. Г. Дорогами подводных открытий. М., Знание, 1977.
2. Аксенов А. А. Экспедиция в рифтовую зону. — Науки и жизнь, 1978, № 1, с. 110
3. Асино Т. Аварии подводных аппаратов в мировой практике. Пер. с японск. — Сэмпаку, 1975, т. 48, № 9, с. 54.
4. Беккер К. Немецкие морские диверсанты. М., Изд-во иностр. лит., 1958.
5. Береговой Г. Т. и др. Безопасность космических полетов. М., Машиностроение, 1977.
6. Боргезе В. Десятая флотилия МАС. М., Изд-во иностр. лит., 1957.
7. Бородин В. П. и др. Гидроакустические навигационные средства. Л., Судостроение, 1983.
8. Бру. В. Подводные диверсанты. М., Изд-во иностр. лит., 1957.
9. Букалов В. М., Нарусбаев А. А. Проектирование атомных подводных лодок. Л., Судостроение, 1964.
10. Быховский И. А. Атомные подводные лодки. Л., Судостроение, 1963.
11. Виноградов А. К. Как пополнить кладовые Нептуна. М., Пищевая промышленность, 1978.
12. Воинов М. К. и др. Средства для транспортировки, спуска и подъема глубоководных аппаратов и систем глубоководного погружения. — Судостроение за рубежом, 1972, № 9, с. 36.
13. Глинский Н. Г. Внутренние волны. М., Наука, 1973.
14. Горз Дж. Подъем затонувших кораблей. Л., Судостроение, 1978.
15. Гуо Ж. 20 лет в батискафе. Л., Гидрометеиздат, 1976.
16. Дмитриев А. Н. Подводная лаборатория «Бентос-300». — Человек и стихия, 1978, с. 116.
17. Дмитриев А. Н. Происшествия в морских глубинах. — Человек и стихия, 1977, с. 130.
18. Дмитриев А. Н. Работы на морском дне. — Спортсмен-подводник, 1978, № 51, с. 54.
19. Дмитриев А. Н., Воинов М. К. Происшествия с подводными аппаратами. — Спортсмен-подводник, 1976, № 44, с. 39.
20. Дмитриев А. Н. Проектирование подводных аппаратов. Л., Судостроение, 1978.
21. Евсеев В. Д. Развитие подводных аппаратов в США. — Морской сборник, 1970, № 11, с. 85.
22. Жданов В. И. Типы корпусов зарубежных обитаемых подводных аппаратов. — Судостроение, 1978, № 11, с. 16.
23. Иванова Л. «Аргус» на дне Голубой бухты. — Знание — сила, 1978, № 9, с. 3.
24. Исаков И. С., Еремеев Л. М. Транспортная деятельность подводных лодок. М., Воениздат, 1959.
25. Каньон «Акула». — Правда, 1973, 28 авг., с. 6.
26. Корепанов С. Поиск ведет «Аргус». — Неделя, 1978, № 49 (1977), с. 11.
27. Куше Л. Бермудский треугольник. М., Прогресс, 1978.
28. Леонтьев О. К. Дно океана. М., Мысль, 1968.
29. Нарусбаев А. А. Аварийность подводных лодок за рубежом. — Морской сборник, 1971, № 2, с. 106.
30. Освоение глубин океана. Под. ред. В. В. Андреева. М., Воениздат, 1971.
31. Пикар Ж., Дитц Р. Глубина — семь миль. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1963.
32. Подражанский А., Рулев А. На дне Байкала. — Спортсмен-подводник, 1978, № 52, с. 36.
33. Подражанский А. М. Вижу дно Байкала. Л., Гидрометеиздат, 1982.
34. Райт Х. В глубинах Тихого океана. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1961.
35. Риффо К. Будущее — океан. Л., Гидрометеиздат, 1978.
36. Риффо К., Пишон К. Экспедиция ФАМОУС. Л., Гидрометеиздат, 1979.
37. Рулев А. Подводный обитаемый аппарат «Пайсис». — Спортсмен-подводник, 1976, № 53, с. 25.
38. Сахаров Б. Д. Аварии зарубежных глубоководных аппаратов. — Морской сборник, 1972, № 6, с. 74.

39. Сахаров Б. Д. Аварии иностранных подводных лодок в 1968—1970 гг. — Судостроение за рубежом, 1971, № 2.
40. Сахаров Б. Д. Телеуправляемые подводные аппараты. — Морской сборник, 1984, № 4, с. 68.
41. Сидорченко В. Ф. Суда-спасатели и их служба. Л., Судостроение, 1983.
42. Скурский Л. М. Требования зарубежных классификационных обществ к глубоководной технике. — Судостроение за рубежом, 1976, № 1, с. 48.
43. Соул Г. Подводные границы. Пер. с англ., Л., Гидрометеиздат, 1973.
44. Степанов Б. И. Мировой океан. М., Знание, 1974.
45. Суворов К. Г. Развитие и совершенствование подводных аппаратов. — Судостроение, 1978, № 12, с. 15.
46. Фигичев А. И. и др. Аварийно-спасательные и судоподъемные средства. Л., Судостроение, 1979.
47. Хайзен Б. и др. Дно Атлантического океана. Пер. с англ., М., Изд-во иностр. лит., 1962.
48. Чампен Р. Когда время против нас. М., Мысль, 1983.
49. Человек, море, техника. Л., Судостроение, 1984.
50. Чикер Н. П. Служба особого назначения. М., ДОСААФ, 1975.
51. Шелфорд У. Спасение с затонувших подводных лодок. М., Воениздат, 1963.
52. Шентон Э. Г. Исследование океанских глубин. Л., Гидрометеиздат, 1972.
53. Шепард Ф., Дипл Р. Подводные каньоны. Л., Гидрометеиздат, 1972.
54. Шульц З. Т. Бомбы Паломареса. М., Воениздат, 1971.
55. Юрнев А. П. и др. Необитаемые подводные аппараты. М., Воениздат, 1975.
56. Armstrong I. Submersible plays key roll in Laying Trans-Atlantic cable. — Ocean Industry, 1975, v. 10, N 2, p. 121.
57. Baldwin H. W. 1910 Number 6. — In «Sea Fights and Shipwrecks». Hannover House, Garden City, New York, 1956, p. 92.
58. Ballantine W. Choosing Corrosion-Resistant Fasteners for Marine Applications Sea Technology, 1976, v. 17, N 2, p. 8.
59. Beth Y. B. Reliability and safety considerations in the desing of the submersible Leo-1. — 2nd Annual Combined Conference OCEAN-76, 1976, Wash. D. C. 2., 1976, 19A1—19A7.
60. Booda L. Diving 10 000 ft to Witness the Birth of the New Ocean Floor. — Sea Technology, 1974, v. 15, N 10, p. 16.
61. Busby R. F. Diver submersible or instrument package? — Underwater Journal, June 1972, p. 115.
62. Busby R. F. Safety in the Depths Ordnance, 1969, v. 53, N 293, p. 496.
63. Gierschner N. Tauchboote. Tauchfahrzeuge aus aller Welt. Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 1980.
64. Hayward T. 18 subs in North Sea This year. — Offshore Services, 1975, v. 8, N 2, p. 42.
65. Hittleman R. Remote vehicle has reactions. — Hydrospace, 1971, Apr., p. 43.
66. Inoue K., Hanley E. I. Computer-Added Reliability and Safety Analysis of complex systems. — 6th Triennial World Conference IFAC-75, part 111-d, USA, 1975.
67. Keach D. L. Down «Thresher» by Bathyscaph. — National geographic, 1964, v. 125, N 6, p. 764.
68. Mc Voy Yames L. An analitical approach to evaluation of submarine safety. — Naval Engineers Journal, 1968, v. 20, N 2.
69. Manuell I. Unmanned Reconnaissance an emerging Underwater Technology. — Sea Technology, 1976, v. 17, N 2, p. 14.
70. Pritzlaff I. A. Submersible Safety through accident analisis. — Marine Technology Socceety Journal, 1972, v. 6, N 3, p. 33.
71. Safety and operational guidelines for undersea vehicles. Marine Technology Society, Wash., 1971.
72. Swan I. W. Glass-reinforced plastics under high pressure. — Underwater Journal, 1973, june, p. 101.
73. Talkington H. R. Self Help Rescue Capability for Submersible. — Marine Technology Society Journal, 1975, N 4, v. 9, p. 20.
74. Talkington H. R. The US Navy Participation in the Rescue of the PISCES-3. — Marine Technology Society Journal, 1974, v. 8, N 1, p. 63.
75. Terry R. The Deep Submersible, 1966, p. 190—201.
76. Veruon Y. W., Furse L. D. Working Small Submersible. — Oceanology, 1972, Apr., p. 60.
77. Walter Lord. A nigct to remember. — Bantam Books. New Jork, 1956.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

I. АВАРИИ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. . .

В глубины океана

С океаном не шутят	5
Подводные аппараты	6
Суда-носители	9
Опасность на каждом шагу	12

Аварии под водой

Аварии подводных аппаратов	16
«Триест-2» (США)	16
«Ашера» (США)	17
«Дениза» — СР-350 (Франция)	17
«Алюминаут» (США)	18
«Элвин» (США)	18
«Стар-3» (США)	19
«Дип Дайвер» (США)	19
«Дип Стар-4000» (США)	20
«Дип Квест» (США)	21
«Шелф Дайвер» (США)	22
«Си Клиф» и «Тартл» (США)	22
«Бивер Марк-IV» (США)	22
«Гаппи» (США)	23
«Нектон-Бета» (США)	23
«Бен Фрактин» (США)	23
SP-3000, «Сиана» (Франция)	24
КУРВ-3 (США)	24
«Йомиури» (Япония)	25
«Архимед» (Франция)	25
«Пайсис-3» (Канада)	25
«Джонсон Си Линк» (США)	25
«Юдзуки» (Япония)	26
TS-1, PC-9 (США)	26
«Моана» (Франция)	26
«Си Проуб» (США)	36
PC-1602 (США)	36

Аварии сверхмалых подводных лодок	36
«Зесхунд» (Германия)	37
«Миджит Сабмэрин» (Англия)	38

Безопасность подводных аппаратов и ее обеспечение

Конструктивные меры обеспечения безопасности	41
Прочный корпус	42
Система изменения плавучести	45
Система жизнеобеспечения	48
Отсек управления	51
Система пожаробезопасности	52
Некоторые другие системы и устройства безопасности	53
Энергетическая установка	54
«Абсолютно безопасный» аппарат	57
Организационно-техническое и организационное обеспечение безопасности аппаратов	58
Спуско-подъемные операции	58
Средства связи и обозначения	61
Навигационное и другое обеспечение погружений	61
Обслуживание и проверка аппарата	63
Отбор и подготовка экипажа	64
Требования зарубежных классификационных обществ	68

II. ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ В ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Организация и обеспечение операций

Организация поисково-спасательных работ	76
Навигационное обеспечение	77
Спасательные аппараты	79
DSRV (США)	79
URF (Швеция)	81
«Тихиро» (Япония)	82

Поисково-спасательные операции

Поиск и спасение аварийных подводных аппаратов	84
--	----

<i>Поиск и подъем аппарата «Элвин» (США)</i>	82	<i>Поиск транспорта «Бриггс» (США)</i>	97
<i>Спасение аппарата «Джонсон Си Линк» (США)</i>	86	<i>Поиск трансатлантического лайнера «Титаник» (Великобритания)</i>	97
<i>Поиск и спасение аппарата «Пайсис-3» (Канада)</i>	87	<i>Поиск крейсера «Эдинбург» (Великобритания)</i>	99
<i>Спасение РС-9 (США)</i>	88	<i>Поиск затонувших самолетов</i>	99
<i>Поиск затонувших подводных лодок «Трешер» (США)</i>	88	<i>«Дуглас ДС-8» (США)</i>	99
<i>«Скорпион» (США)</i>	92	<i>«Боинг-727» (США)</i>	101
<i>«Эридис» (Франция)</i>	94	<i>«Боинг-747» (Индия)</i>	102
<i>Поиск и обеспечение подъема затонувших судов</i>	94	<i>Поиск и подъем водородной бомбы</i>	102
<i>Поиск и обследование транспорта «Стивенсон» (США)</i>	95	<i>Заключение</i>	103
<i>Поиск и обеспечение подъема буксира «Эмеральд Страйт» (Канада)</i>	96	<i>Приложение 1. Некоторые данные об авариях подводных аппаратов</i>	106
		<i>Приложение 2. Проблемы жизнеобеспечения</i>	115
		<i>Указатель литературы</i>	124

*Александр Павлович Юрнев, Борис Дмитриевич Сахаров
Алексей Васильевич Сытин*

АВАРИИ ПОД ВОДОЙ

Издание 2-е, перераб. и доп.

Заведующий редакцией *И. Г. Русецкий*
Редактор *Н. П. Саяпина*
Технический редактор *Г. Г. Федорова*
Корректоры *С. Н. Маковская, И. М. Савенок*
Обложка художника *Б. Н. Осенчакова*

ИБ № 1224

Сдано на фотонабор 09.12.86. Подписано в печать 20.05.86. М-35406. Формат 70×100¹/₁₆. Бумага офсетная № 1. Гарнитура шрифта литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,0. Усл. кр.-отт. 21,13. Уч.-изд. л. 10,4. Тираж 100 000 экз. Изд. № 4091—85. Заказ 830. Цена 65 коп.

Издательство «Судостроение», 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8.

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский пр., 29.

