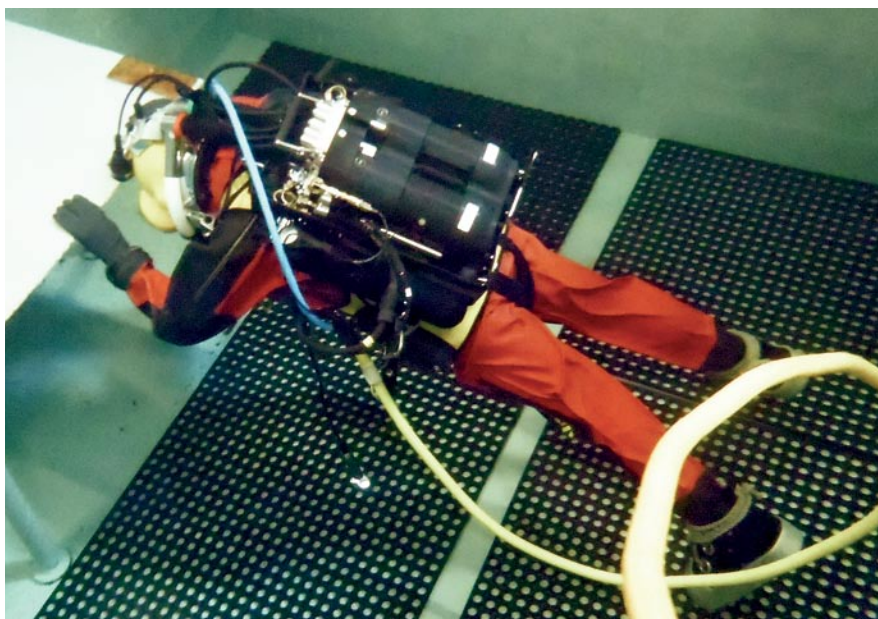


■ НОВИНКИ

■ КОНЦЕПЦИЯ open revolution

НОВЫЙ ПОДХОД К ГЛУБОКОВОДНОМУ ВОДОЛАЗНОМУ СНАРЯЖЕНИЮ

Сергей Черкашин, Центр водолазных исследований, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН ■ фото из архива автора



Не секрет, что водолазное снаряжение является одним из основных элементов технических средств, позволяющих выполнять работы под водой. И от его надежности и функциональности во многом зависит не только безопасность самого водолаза, но и принципиальная возможность решения поставленной задачи, то есть успех всей операции.

На рубеже двух тысячелетий стал активно развиваться такой тип водолазного снаряжения, как смесевые аппараты с замкнутой схемой дыхания, поддерживающие необходимый состав ДГС в автоматическом режиме, т.е. то, что вкратце называется ребризерами.

Их преимущества очевидны, но широкое практическое применение сдерживалось техническими проблемами. Сегодня стремительный прогресс в технологии, материаловедении и электронике позволил создать достаточно надежные рециркуляционные аппараты. Но команда шотландской компании Deep Life пошла

еще дальше, провозгласив весьма амбициозный девиз, что «использование ребризера должно быть таким же безопасным, как и тривиальный перелет из Эдинбурга в Лондон на Боинге». Эта идея была реализована в концепции, получившей название Open Revolution. Основной задачей концепции является разработка систем жизнеобеспечения, в которых за счет интенсивного применения инновационных технологических и конструктивных решений надежность работы аппарата доведена до практически космического уровня (как минимум – авиационного), а независимость от пресловутого чело-



веческого фактора, или так называемая «защита от дурака», возведена в абсолют.

Практическим воплощением стали рециркуляционные системы, разработанные компанией Deep Life Ltd под руководством Алекса Диза (Alex Deas), признанного специалиста в области электроники и системотехники. Изготовлением продукции занялась фирма EMA Ltd, а реализацией – компания Open Safety Equipment Limited (OSEL).

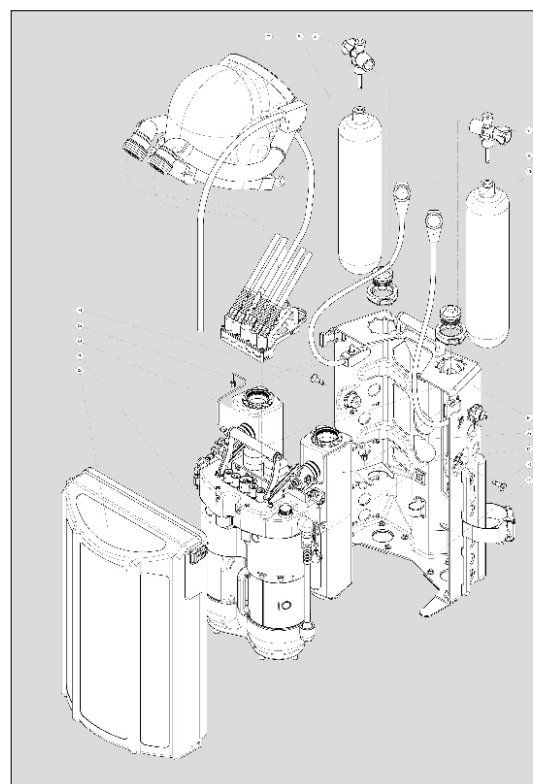
Крайне важный и юридически необходимый этап создания систем жизнеобеспечения – тестирование элементов и изделия в целом, проводимое различными независимыми экспертными организациями на соответствие всем европейским стандартам (CE) безопасности. Этот процесс занимает немало времени и требует серьезных финансовых затрат.

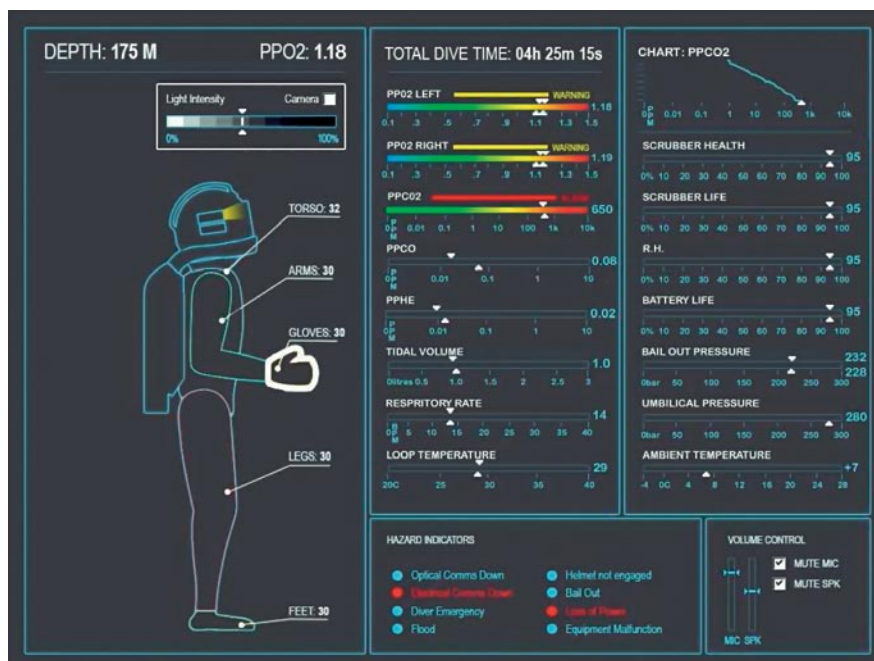
Принципиальный подход всех трех организаций заключался в том, чтобы не выпускать на рынок свою продукцию до тех пор, пока не будут получены все мыслимые и немыслимые сертификационные свидетельства. Отмечается, что до сих пор во всем мире не было ни одного водолазного продукта, полностью удовлетворяющего всем стандартам безопасности, не говоря уже о «Золотом стандарте» EN 61508, требования соответствия которому заложены в EN 14143:2003, основном стандарте качества и безо-

пасности автономных дыхательных систем, согласно Директиве 89/686/ЕЕС Европейского Союза. И такой подход также является составной частью концепции Open Revolution. В результате, на сегодняшний день подтверждено соответствие стандарту EN 61508 четырех моделей рециркуляционного снаряжения:

- **«OR Umbilical»** – шланговое снаряжение со сдвоенным патроном поглотителя в конфигурации eCCR/eSCR (замкнутого и полузамкнутого типа с электронной регулировкой состава ДГС).
- **«OR Incursion»** – аппарат замкнутого цикла с электронной регулировкой (eCCR) для профессиональных водолазных работ в автономном режиме.
- **«OR Apocalypse Type IV iCCR»** – ребрисер для технического дайвинга с использованием в качестве дилуэнта смесей: воздуха, тримикса и гелиокса. Этот тип получил название Intervention (дословно – вмешательство) CCR (iCCR), когда водолаз периодически, по мере необходимости, вмешивается в работу аппарата для корректировки уровня PO_2 и когда аппарат вмешивается в действия водолаза, автоматически переключая его на резервное дыхание, когда любой из заданных предельных параметров превышен.
- **«OR Apocalypse Type IV O_2 -CCR»** – чисто кислородный ребрисер.

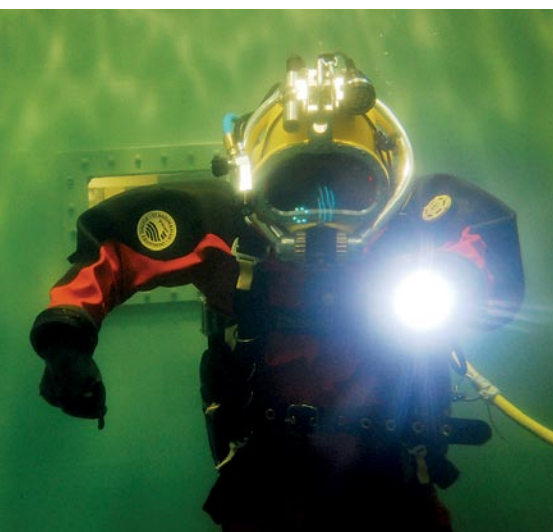
Данные измерительных приборов и оцифрованное изображение с видеокamer выводятся на пульт руководителя спуска через два независимых коннектора.





Если кислород подается по шлангу из колокола (с поверхности), то аппарат работает в замкнутом режиме; в случае обрыва шланга он автоматически переходит на полузамкнутый цикл.

Все четыре модели имеют общий конструктивный дизайн. Их узлы, элементы и соединения унифициро-



ваны, что обеспечивает их широкую взаимозаменяемость и упрощает сервисное обслуживание.

В этой статье мне хотелось бы более подробно остановиться на первой модели снаряжения из приведенного выше перечня.

Снаряжение «OR Umbilical»

Это многоцелевая система жизнеобеспечения водолаза при проведении промышленных водолазных работ во всем диапазоне рабочих глубин, от малых до глубоководных, вплоть до 350 м. Снаряжение используется как при спусках непосредственно с поверхности, так и методом ДП из водолазного колокола. Основным компонентом является ребризёр замкнутого цикла (USR – Umbilical Supplied Rebreather), в который подается по шлангу кислород и дилуэнтная смесь. Но в отличие от классических глубоководных систем отработанная смесь не откачивается для очистки в бортовой блок, а циркулирует через патрон поглотителя в самом аппарате. Это позволяет существенно уменьшить диаметр кабель-шланговой связки (с 65 до 26 мм) и, соответственно, повысить маневренность водолаза. Снаряжение обеспечивает аварийное дыхание водолаза как по открытой схеме дыхания (по шлангу с поверхности или из колоко-

ла), так и в автономном полузамкнутом (SCR) режиме.

Ребризер интегрируется в общую систему жизнеобеспечения водолаза с широким набором управляющих и контрольных функций, выводимых на поверхностный пульт руководителя спуска в составе следующих подсистем:

- Обогрев водолаза.
- Подводные водолазные светильники (2 фонаря).
- 2 видеокamеры высокого разрешения.
- Подогрев дыхательной газовой смеси.
- Функционирование ребризера.
- Коммуникационные системы, включая электро- и оптоволоконные кабели связи и передачи данных.
- Нашлемный интерфейс.
- Коммутатор водолазного колокола.
- Сетевой информационный сервер, экраны.

Все линии передачи информации и управления продублированы, а электронные системы самого ребризера имеют четырехкратное дублирование, имея два независимых контроллера, каждый из которых также продублирован.

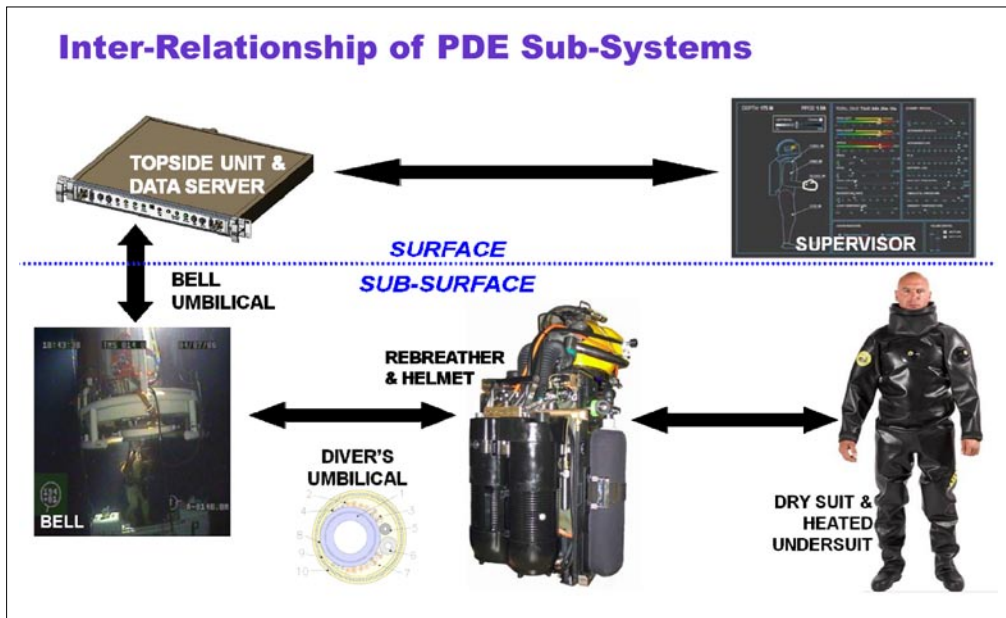
Дыхательный аппарат имеет сдвоенные патроны поглотителя, в верхней крышке которых расположены основные узлы контроля и управле-

ния ребризера. Электроника аппарата постоянно отслеживает работу дыхательного контура и состав ДГС:

- 8 кислородных датчиков (по 4 на каждый скруббер)
- 2 датчика CO₂
- 2 гелиевых датчика
- 2 датчика относительной влажности
- 2 датчика температуры ДГС на входе в патроны поглотителя
- 24 (2x12) температурных датчика работы картриджей
- 2 датчика затекания контура
- датчик температуры ДГС
- датчик интенсивности дыхания
- 4 датчика работы аккумуляторных батарей (напряжение, сила тока)
- контроль коммуникаций
- мониторинг энергоснабжения
- контроль давления всех газов
- контроль герметичности шлема
- мониторинг и управление тревожными сигналами.

Данные с этих измерительных приборов выводятся на пульт руководителя спуска через два независимых коннектора. Туда же передаются оцифрованное изображение с видеокамер и, естественно, телефонная связь.

Одним из наиболее ответственных узлов ребризера является кислородный инжектор с переменной пропускной способностью. Их в аппарате четыре: два постоянно активированы и два находятся в режиме ожидания, подключаются в случае необходимости. Аппарат работает в двух разных вариантах: если кислород подается по шлангу из колокола (с поверхности), то аппарат работает в полностью замкнутом режиме eCCR; в случае обрыва шланга он



Если кислород подается по шлангу из колокола (с поверхности), то аппарат работает в замкнутом режиме; в случае обрыва шланга он автоматически переходит на полузамкнутый цикл.

автоматически переходит на полузамкнутый цикл (eSCR), используя ДГС из баллонов ребризера. Ее запасов должно хватать, чтобы вернуться в колокол или выйти на поверхность (при спусках методом КП) с соблюдением режима декомпрессии.

Контроль и автоматическое поддержание необходимого уровня кислорода в дыхательном контуре является важнейшей функцией аппарата. Ребризера имеет восемь кислородных датчиков (по четыре на выходе из каждого патрона поглотителя). Применяются специально разработанные и протестированные сенсоры с выходным напряжением от 4 до 5,8 мВ с цифровой компенсацией температурных перепадов. Выбор данного типа датчиков обусловлен их большей надежностью и долговечностью, а также более стабильной работой по сравнению с традиционно применяемыми в ребризерах. Алгоритм анализа показаний датчиков и фор-

мирования итогового значения PO₂ позволяет добиться весьма точного мониторинга уровня парциального давления кислорода в контуре, выявляя потенциально «тормозящие» сенсоры и игнорируя их. Ребризера остается работоспособным даже при одном корректно работающем датчике.

Аппарат не имеет фиксированной установки PO₂ (setpoint), он поддерживает необходимое значение парциального давления кислорода в контуре автоматически в зависимости от глубины, состава смеси, метаболического потребления и скорости всплытия.

Риск развития гиперкапнии – вполне реальная опасность в любом рециркуляционном аппарате. До сегодняшнего дня в мире не существовало ни одного ребризера, оснащенного системой мониторинга уровня углекислого газа в дыхательном кон-



ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕБРИЗЕРА

Параметр	Значение и краткое описание
Габариты (высота x ширина x глубина), мм	689 x 540 x 240 В надетом аппарате и шлеме водолаз способен пройти в шахту люка диаметром 600 мм
Вес готового к работе аппарата	34 кг
Принцип действия	eCCR (основной режим) при подаче кислорода и дилуента по шлангу. eSCR (аварийный режим) при использовании ДГС из баллонов аппарата
Требования к энергоснабжению	12–24 В, 2 кВт (включая обогрев водолаза и подогрев ДГС). 12–24 В, 12 Вт на собственно ребризере
Время работы патрона поглотителя	6 ч на глубинах до 250 м, 4,5 ч на глубинах от 250 до 350 м (при поддержании температуры ДГС на входе в патрон в диапазоне 32 ± 50 °С) 3 ч на глубинах 0–40 м, 1 ч 50 мин на глубинах от 40 до 100 м (при отключенном подогреве ДГС)
Пределы по глубине	Макс. 40 м при использовании в качестве дилуента воздуха (экспозиция до 6 часов). 350 м (дилуент гелиокс)
Максимальная экспозиция спуска	6 ч
Работа дыхания	1,44 Дж/л на воздухе 2,75 Дж/л на гелиоксе
Объем баллонов	2 x 2 л
Анализируемые газы	O ₂ , CO ₂ , He
Работоспособность аккумуляторов	8 ч работы, 3 месяца хранения. 300 циклов перезарядки
Температурные режимы	Эксплуатация: 4–34 °С Хранение: 0–50 °С (–30... –50 °С со снятыми датчиками)

туре. Все аппараты из линейки Open Revolution имеют двухканальные абсорбционные инфракрасные датчики CO₂. Удаление двуокси углерода из дыхательной смеси осуществляется в запараллеленных патронах поглотителя при прохождении ДГС через картриджи с блоками абсорбента ExtendAir. Эти блоки представляют собой заранее форматированный аб-

сорбционный материал в виде скрученных в плотный рулон лент. Такой вариант имеет серьезные преимущества перед стандартной засыпкой гранулированного вещества:

- снижается риск проскока CO₂ в результате тоннельного эффекта,
- высокая толерантность к протечкам воды в патрон поглотителя,
- простота замены отработанного картриджа,
- работоспособность при низких температурах, вплоть до –20 °С (эти картриджи использовались во время экспедиций на Эверест). Отсутствие необходимости предварительного «раздышивания» патрона,
- практически полное отсутствие риска образования «каустического коктейля» при попадании воды в патрон поглотителя,
- отсутствие пыли,



- возможность повторного использования снаряженного патрона при многократных спусках в течение недели.

Окружающая температура весьма сильно влияет на эффективность работы абсорбента. Поэтому в снаряжении применен подогреватель, который вне зависимости от внешних условий поддерживает температурный режим работы патрона поглотителя на уровне 32 °С. Такой подход существенно увеличивает экспозицию на одной заправке картриджей.

Мониторинг работы патронов поглотителя (независимо для каждого) проводится по четырем системам:

- контроль уровня CO₂ с помощью датчиков,
- контроль обогревателя патрона поглотителя,
- контроль отработки картриджа с учетом метаболизма,
- контроль интенсивности дыхания.

Все эти данные выводятся на пульт руководителя спуска, что позволяет осуществлять мониторинг в режиме реального времени. Туда же поступает и другая телеметрия, причем в таком объеме, что руководитель спуска имеет полную информацию о происходящем под водой.

Снаряжение полностью совместимо с сертифицированными (CE) элементами, такими как гидрокомбинезоны и водолазные шлемы, традиционно применяемые при подводно-технических работах.

Планируется, что снаряжение OR Umbilical станет основой при выполнении подводных водолазных работ в наступившем десятилетии. В настоящее время оно находится на стадии перевода в полное операционное применение промышленными и нефтедобывающими компаниями — основными спонсорами этой разработки.

