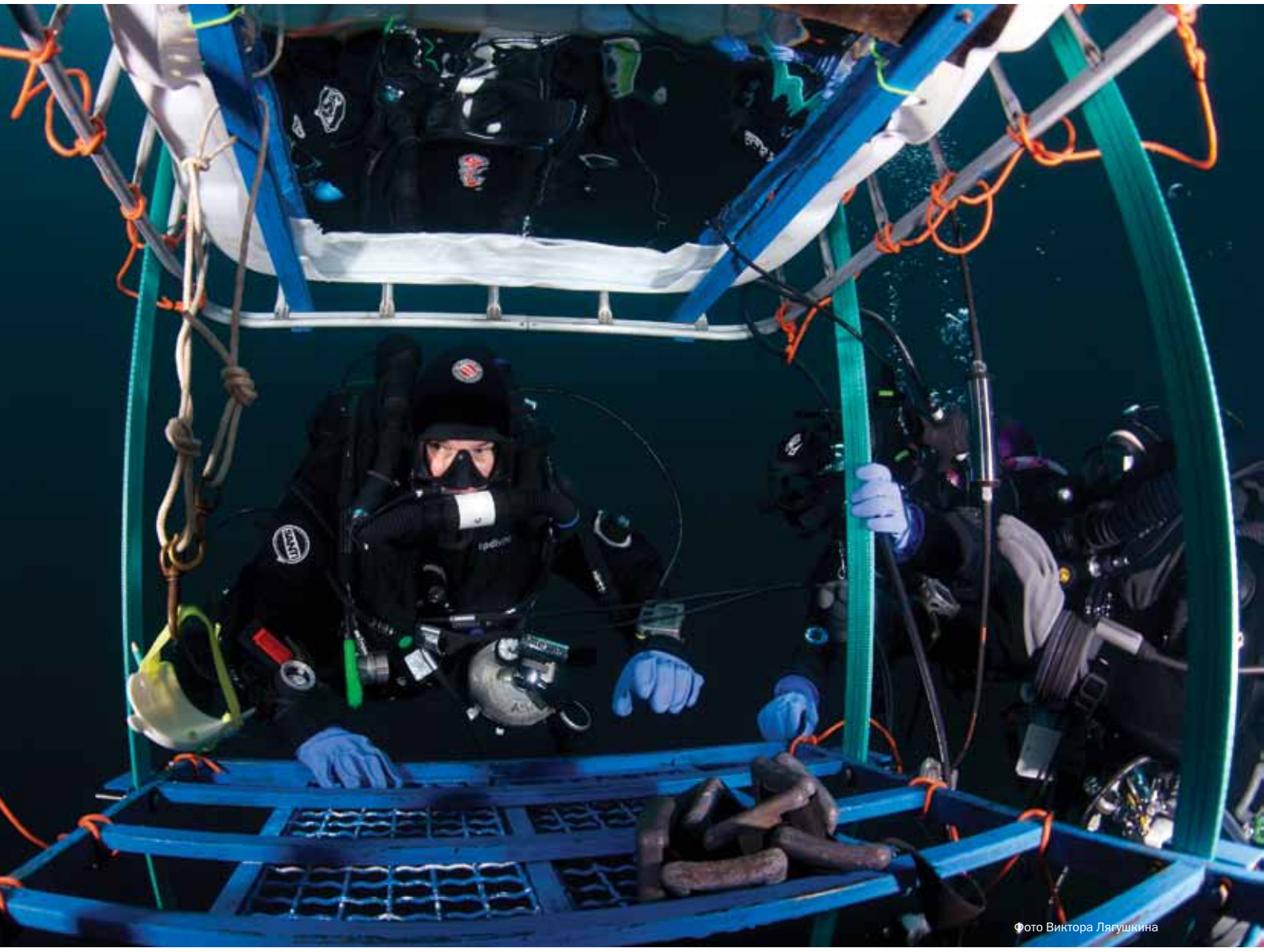
Фото Виктора Лягушкина

Ребризер как инструмент

Цели и задачи, для которых предназначены различные виды ребризеров

Сергей Горпинюк ▮ Фото из архива автора

Изобретатели давно искали технологию, позволяющую водолазу передвигаться под водой автономно. А также погружаться глубоко и проводить под водой длительное время без выхода на поверхность. Исторически с XIX века развитие автономных погружений шло по двум основным направлениям – системы открытого цикла дыхания и системы закрытого цикла дыхания.

Желание человека нырять под воду на длительное время ограничивалось одним простым фактором – под водой нечем дышать. С древних времен человек пытался решить эту проблему. Первым и самым очевидным способом решения был шланг, подающий воздух с поверхности. Но эти системы требовали постоянной работы насоса на поверхности, сильно ограничивали дистанцию перемещения водолаза и ни о какой скрытности не могло быть и речи.

Системы открытого цикла давали очевидное решение этой задачи – сжать воздух и взять его с собой в баллоне под воду. Но они упирались в технологические ограничения – способность насоса выдавать высокое давление газа и возможность баллона это давление держать. Кроме того, системы открытого цикла выбрасывали выдыхаемый газ, и пузыри сильно демаскировали водолаза.

Бурное развитие химии и начальное понимание физиологии подсказали другой путь, который не требовал слишком сильно сжимать газ и позволял плавать под водой без выброса пузырей. Эти системы закрытого цикла в наше время и получили название «ребризеры».

Электронный ребризер eCCR Inspiration, Великобритания

Все ребризеры создаются исходя из понимания нескольких фундаментальных основ:

1. Воздух содержит примерно 21 % кислорода и 79 % азота.
2. При дыхании человек потребляет и перерабатывает только кислород.
3. При дыхании человек выделяет углекислый газ (CO_2).
4. Азот, который входит в состав воздуха, на глубинах более 30 метров оказывает наркотическое воздействие на водолаза. Поэтому вместо азота на больших глубинах нужно использовать гелий.
5. Кислород при высоком парциальном давлении становится токсичным. Поэтому на больших глубинах нужно снижать фракцию кислорода, разбавляя дыхательную смесь гелием.
6. Без кислорода человек жить не может. Поэтому нужно, чтобы в дыхательном контуре всегда присутствовал кислород. Чем больше глубина, тем меньше нужно кислорода.
7. Давление газа в дыхательном контуре должно быть равно внешнему давлению. Поэтому при погружении нужно добавлять газ в контур, а при всплытии сбрасывать излишки газа в воду.

Кислородные ребризеры

Самым простым аппаратом замкнутого цикла можно считать кислородный ребризер закрытого цикла (OCCR). В его дыхательном контуре циркулирует кислород.

Это модели ИДА 51 или ИДА 64. Иностранный аналог – LAR-V от компании Draeger.

Максимальная глубина погружений на таких аппаратах для гражданского населения – до 6 метров. Для военных водолазов максимальная глубина была разрешена до 20 метров. Но большая глубина при дыхании кислородом значительно повышает риски кислородного отравления.

Для использования таких аппаратов необходимы чистый кислород и поглотитель CO_2 либо регенеративное вещество.

Использование регенеративного вещества, например «О-3», позволяет снизить расход кислорода и увеличить время автономного пребывания водолаза под водой. Но при этом при попадании воды в регенеративные патроны возникает риск активной химической реакции, вплоть до воспламенения.

Обычный химпоглотитель более стабилен и безопасен под водой.

Одним из важных достоинств кислородных ребризеров является практически полное от-

	КЛАСС РЕБРИЗЕРОВ				
	Кислородные	**Полузамкнутые активные**	**Полузамкнутые пассивные**	**Замкнутые ручные**	**Замкнутые электронные**
Модели	ИДА 51, ИДА 64, LAR-V	АКА-60, Draeger Dolphin, Draeger Ray, Fieno, Submatix aSCR, Azimuth	Halcyon RB-80, RON, Tourill МК 1.5, Satori, Hyperion, SF-1, Gerbertz	K.I.S.S.	Inspiration, Megalodon, JJ-CCR, O_2ptima, X-CCR, Rebel, Liberty, Evolution
Максимальные глубины	6–20 м	40–50 м	120–150 м	150+	200+
Количество баллонов, из которых расходуется газ	1	1	Много. По аналогии с открытым циклом, в зависимости от глубины	2	2
Пузыри при стабильной глубине	Нет	Есть	Есть	Нет	Нет
Работа дыхания	Приемлемая	Приемлемая	Очень тяжелая	Приемлемая	Комфортная
Расчет декомпрессии	Не требуется	Начальные режимы	Приблизительный в связи с отсутствием точной информации о составе газа в контуре	При помощи отдельного подводного компьютера	Встроенный компьютер – декомпрессиметр

сутствие выделения пузырей газа при движении на стабильной глубине.

Дыхательные мешки располагаются на груди либо на спине на уровне легких водолаза, что обеспечивает приемлемую работу дыхания.

Также при погружениях на таких аппаратах нет необходимости заботиться о декомпрессии.

Полузамкнутые ребризеры с активной подачей газа в контур

Для погружений на большие глубины применяются ребризеры, в которых в дыхательном контуре циркулирует уже смесь газов.

Следующим по сложности можно считать полузамкнутый ребризер с активной подачей (aSCR).

На этих аппаратах можно погружаться на глубины до 40–50 метров. Но с ростом глубины растет и расход газа, и количество пузырей. Поэтому эффективное использование ограничено глубинами в 30–40 метров. В таких ребризерах используется один баллон с кислородно-азотной смесью (КАС или Nitrox) и поглотитель CO_2 (ХПИ или Sofnolime). Модельный ряд полузамкнутых ребризеров представлен довольно редкой моделью советского производства АКА-60, а также популярными иностранными аппаратами Draeger Dolphin, Draeger Ray, Fieno, Submatix aSCR, Azimuth.

Во время движения под водой в дыхательный контур поступает кислородно-азотная смесь через калиброванную дюзу. Диаметр дюзы подбирается так, чтобы водолаз получал достаточное количество кислорода даже при высокой нагрузке.

Так как вместе с кислородом в дыхательный контур постоянно поступает и азот, то излишки газа постоянно выбрасываются из контура в окружающую воду. Для лучшей маскировки на выходе устанавливается сетчатый рассеиватель, который разбивает большие пузыри на множество мелких микропузырьков.

Дыхательные мешки также располагаются на груди либо на спине на уровне легких во-

Фото Александра Пахомова

долаза, что обеспечивает приемлемую работу дыхания.

При длительных погружениях на глубины более 20 метров водолаз получает декомпрессионные обязательства, которые необходимо выполнять, соблюдая режим декомпрессии под водой или в барокамере. Несмотря на отсутствие датчиков кислорода в системе, получение декомпрессионной болезни маловероятно, так как глубина и длительность погружений ограничена составом газа в дыхательном контуре и небольшим размером баллона, подающего газ.

Полузамкнутые ребризеры с пассивной подачей газа в контур

С ростом сложности задач появляются и более сложные решения. Следующая схема – полузамкнутые ребризеры с пассивной подачей (PSCR).

В этих ребризерах используются несколько баллонов, поочередно подключаемых к дыхательному контуру в зависимости от глубины. У этой конструкции есть другое название, более точно отображающее механику ее работы – не «ребризер», а «газ экстендер», или расширитель времени использования газа.

Линейка этих аппаратов представлена Halcyon RB-80, RON, Tourill MK 1.5, Satori, Hyperion, SF-1, Gerbertz.

На таких аппаратах совершают погружения глубже 100 метров.

Баллоны с газом в этих аппаратах выполняют две функции одновременно – подают газ в дыхательный контур и обеспечивают аварийный запас газа на случай отказа дыхательного контура. Такая схема нарушает базовый принцип дублирования – основная и резервная системы не должны иметь общих узлов.

В течение каждого погружения при отсутствии нештатных ситуаций из каждого баллона расходуется небольшое количество газа. После совершения нескольких погружений в баллонах останется еще много газа, но его будет слишком мало для того, чтобы рассчитывать на этот запас в случае аварийной ситуации. Если этот газ – ГКАС (Trimix), то восполнить его до нужного давления будет достаточно сложно. Проще выпустить остав-

Электронный ребризер eCCR Megalodon, США

Электронный ребризер eCCR Liberty, Чехия

Электронный ребризер eCCR XCCR, Чехия

Современные электронные ребризеры – это вершина эволюции аппаратов закрытого цикла. Они могут использоваться с полнолицевыми масками и системами подводной связи.

шийся газ в атмосферу и приготовить новую смесь. В результате возникает очень высокий расход дорогостоящего гелия.

При погружениях на полузамкнутых ребризерах с пассивной подачей происходит выделение излишнего газа из дыхательного контура в виде пузырей.

Для поглощения CO_2 используется поглотитель химический известковый (ХПИ) или импортные аналоги, например Sofnolime.

В связи с большим расстоянием между легкими водолаза и дыхательными мешками ребризера в этих аппаратах появляется большая зависимость усилия вдоха или выдоха от положения тела водолаза. При вертикальном положении тела водолазу придется прикладывать весьма значительные усилия для дыхания.

При декомпрессионных погружениях на глубины более 30 метров водолазу придется переключать подачу газа в дыхательный контур из разных баллонов по схеме, очень близкой к декомпрессионным погружениям на дыхательных аппаратах открытого цикла. Это приводит к высокой операционной нагрузке на водолаза, который должен выполнять дополнительные манипуляции с газовыми вентилями.

В полузамкнутых ребризерах с пассивной подачей отсутствуют датчики, контролирующие состав газа в контуре. Для определения состава газа используются усредненные формулы, которые не учитывают многих факторов, влияющих на кислородный метаболизм водолаза. Главная проблема полузамкнутых ребризеров состоит в том, что водолаз не знает, а только предполагает, чем он дышит во время погружения. Поэтому повышается риск возникновения декомпрессионной болезни.

Кислородный ребризер OCCR «ИДА-64»

Электронный ребризер eCCR Poseidon, Швеция

Электронный ребризер eCCR JJ-CCR, Дания

Ребризеры замкнутого цикла с ручным управлением

Это были первые аппараты замкнутого цикла, в которых применена схема разделения кислорода и газа-разбавителя (дилюента) и контроль состава газа в дыхательном контуре при помощи электронных датчиков (mCCR). Такие ребризеры производились под маркой K.I.S.S. Также существует большое количество модификаций этой схемы, но имя собственное K.I.S.S. со временем стало именем нарицательным, и теперь все аппараты с такой схемой называются KISS.

Эти аппараты позволяют совершать погружения на глубины более 150 метров. При этом комфортный диапазон глубин – 20–50 метров.

Разделение газов на кислород и газ-разбавитель позволяет значительно экономить газ во время глубоких погружений (более 60 метров). Обычно используются баллоны объемом 2 или 3 литра. И этого газа достаточно для того, чтобы погружаться на глубину до 100 метров при общей длительности погружения до 3 часов.

На случай нештатной ситуации у водолаза всегда должен быть с собой аварийный запас газа для успешного завершения погружения из любой точки. Но этот аварийный запас готовится один раз на максимальную глубину и не тратится, если погружение проходит в штатном режиме. Такая схема позволяет многократно использовать аварийный набор без необходимости его восполнять.

Для поглощения CO_2 используется ХПИ или импортные аналоги, например Sofnolime.

Благодаря раздельной газовой схеме при нахождении водолаза на стабильной глубине выделение пузырей отсутствует совсем.

Дыхательные мешки также обычно располагаются на груди либо на спине на уровне легких водолаза, что обеспечивает приемлемую работу дыхания.

Электронные датчики показывают водолазу парциальное давление кислорода в дыхательном контуре, что дает возможность точно управлять составом газа. Но эта схема требует регулярного внимания водолаза и взаимодействия с аппаратом для поддержания оптимального состава газа в контуре.

Декомпрессионные режимы рассчитываются при помощи отдельных подводных компьютеров, к которым может подключаться датчик кислорода.

По сути, схема K.I.S.S. (mCCR) является прототипом современного ребризера с электронным управлением.

Ребризеры с электронным управлением подачи кислорода в дыхательный контур

Электронные ребризеры на сегодня являются вершиной эволюции аппаратов закрытого цикла (eCCR). Типичные представители этого класса ребризеров – Inspiration, Megalodon, JJ-CCR, O2ptima, X-CCR, Rebel, Liberty, Evolution, Poseidon. Максимальная глубина погружений на электронных ребризерах

Том Маунт и автор статьи

Том Маунт – один из основателей IANTD, одной из самых уважаемых в мире систем обучения рекреационному и техническому дайвингу, инициатор применения в любительском дайвинге найтрокса, тримикса и ребризеров, разработчик стандартов и процедур по обучению погружениям на аппаратах замкнутого цикла и пещерному дайвингу.

ограничена лишь здравым смыслом, прочностью элементов и временем декомпрессии. На территории России зарегистрировано погружение на 209 метров с электронным ребризером.

Так же, как и на ребризерах с ручным управлением, в электронных аппаратах применяются два баллона по 2–3 литра, один из которых заправляется кислородом, другой – газом-разбавителем (дилуентом). Аварийный запас газа также сохраняется неприкосновенным при штатном прохождении погружения и позволяет его использовать многократно.

Для поглощения CO_2 используется ХПИ или импортные аналоги, например Sofnolime. При нахождении водолаза на стабильной глубине выделение пузырей отсутствует. А в немагнитном исполнении аппарат открывает широкие возможности для скрытной работы под водой.

Дыхательные мешки, или противолегкие, обычно располагаются на уровне плеч и груди водолаза, что обеспечивает комфортное дыхание вне зависимости от положения тела водолаза. Существуют также наспинные версии расположения дыхательных мешков, которые снижают парусность водолаза и освобождают рабочую зону для свободного движения рук.

Современные электронные ребризеры могут использоваться с полнолицевыми масками и системами подводной связи.

Главное достоинство электронных ребризеров в том, что они автоматически поддерживают заданное парциальное давление кислорода в дыхательном контуре и имеют встроенный подводный компьютер-декомпрессиметр, который обеспечивает точный расчет режимов декомпрессии во всем диапазоне глубин.

Для обеспечения безопасности в электронных аппаратах применяется принцип дублирования ключевых систем – компьютера и источника питания.

При кажущейся сложности электронные ребризеры на деле являются простыми и удобными в погружениях и обслуживании аппаратами. Такие модели, как Inspiration и Evolution, имеют очень удобную и адекватную систему сигнализации, не отвлекающую водолаза при штатном прохождении погружения и надежно информирующую водолаза о необходимости управления аппаратом.

Электронные ребризеры – это надежный и безопасный инструмент для работы под водой. Однако они требуют качественного обучения, обязательного прохождения всех подготовительных и завершающих процедур, а также регулярного технического обслуживания.

Существует множество вариантов и переделок различных классов ребризеров. В этой статье рассмотрены самые популярные модели и их возможности.

В заключение хочу отметить, что погружения на ребризерах имеют ряд значимых преимуществ перед погружениями на системах открытого цикла:

1. Под водой водолаз дышит теплым газом, так как выдыхаемый газ подогревается за счет тепла, выделяемого при реакции поглощения CO_2.
2. Под водой водолаз дышит влажным газом за счет повторного вдыхания производимой самим водолазом влаги.
3. Под водой водолаз работает в тишине, так как ребризеры производят мало пузырей либо не производят их вовсе.
4. На электронных ребризерах водолазу не нужно переключать никакие газы под водой. Ребризер автоматически поддерживает оптимальный для каждой глубины состав газовой смеси в контуре.
5. Использование электронных ребризеров позволяет экономить значительные финансовые средства за счет очень малого расхода гелия и кислорода при глубоких погружениях.

mares
extended range
XR
Регуляторы Mares DR 25 X
разработаны специально
для технических погружений
1-е ступени 25 X с сухой камерой
и идеальной трассировкой шлангов
2-е ступени DR цельнометаллические
с эксклюзивной байпасной системой
MARES.RU
Надежная система для серьезных погружений