

Регуляторы Aqua Lung, устройство и работа.

Практически все современные регуляторы имеют две разнесенные ступени редуцирования давления сжатого воздуха. Первая ступень (в отечественной терминологии - редуктор) понижает давление сжатого воздуха, находящегося в баллоне до промежуточного давления (его также называют средним или низким). Вторая ступень (в отечественной терминологии - дыхательный автомат) понижает это давление до давления окружающей среды, при котором человек может сделать вдох. Разница между промежуточным давлением и давлением воздуха, выходящего из второй ступени регулятора (давление окружающей среды) составляет установочное давление регулятора. На поверхности промежуточное давление равно установочному.

По управляющему элементу редукторы подразделяют на поршневые и мембранные. По отношению к давлению окружающей среды мембранные регуляторы могут быть сбалансированными или сверхсбалансированными. По отношению к зависимости работы клапана редуктора от давления воздуха в баллоне поршневые и мембранные регуляторы подразделяют на несбалансированные (простые) и сбалансированные. Таким образом, существует два вида сбалансированности регулятора.

Первая ступень регулятора.

Гидростатическая сбалансированность.

Практически все регуляторы сбалансированы по отношению к давлению водного столба. Это так называемая гидростатическая сбалансированность регулятора. Она подразумевает, что установочное давление в камере редуктора не зависит от давления водного столба. Как известно, каждые 10 метров водного столба добавляют к давлению окружающей среды 1 бар (соленая вода ввиду большей плотности незначительно увеличивает давление). Регуляторы устроены так, что давление в камере редуктора также увеличивается на 1 бар через каждые 10 метров толщи воды. Таким образом, разница между давлением в камере редуктора и давлением воды постоянна, что обеспечивает одинаковую нагрузку на вторую ступень регулятора на разных рабочих глубинах.

Например, на поверхности установочное давление регулятора Titan и давление в камере редуктора, равно 9.5 бар. На глубине 20 метров, где давление водного столба равно 2 бар, давление в камере редуктора равно 11.5 бар. При этом установочное давление по-прежнему равно 9.5 бар (11.5 бар в камере редуктора минус 2 бар водного столба равно 9.5 бар).

До недавнего времени все регуляторы были гидростатически сбалансированными. Но с появлением регулятора пятого поколения - регулятора Aqua Lung серии Legend - появилась еще одна категория регуляторов. Это гидростатически сверхсбалансированные регуляторы. У сверхсбалансированных регуляторов установочное давление растет с глубиной. На поверхности установочное давление регулятора Legend равно 9.5 бар, а на глубине 20 метров давление в камере редуктора равно 12.3 бар. Таким образом, при избыточном давлении водного столба 2 бар установочное давление регулятора Legend равно 10.3 бар ($12.3 - 2 = 10.3$ бар), а не 9.5 бар, как это можно было бы ожидать у обычного регулятора. Как происходит нелинейное увеличение давления, будет рассказано далее.

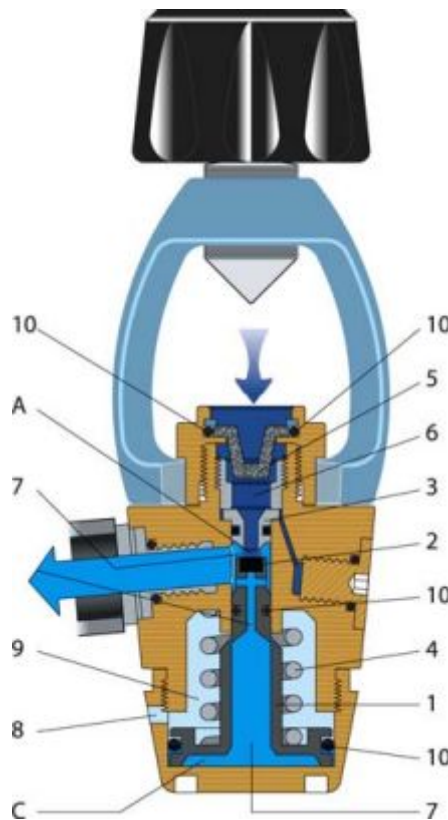
Сбалансированность клапана регулятора.

Чаще всего, когда говорят о сбалансированных или несбалансированных регуляторах, то подразумевают сбалансированность клапана редуктора по отношению к давлению воздуха в баллоне, т.е. речь идет о сбалансированности клапана редуктора. Работа клапана *сбалансированных* регуляторов первой ступени стабильна и не зависит от давления воздуха в баллоне. Работа же клапана *несбалансированных* регуляторов, напротив, напрямую зависит от давления воздуха в баллоне. Рассмотрим подробнее устройство разных типов регуляторов.

1. Поршневой несбалансированный регулятор.

В современной линейке регуляторов Aqua Lung это **NEW CALYPSO**. Рассмотрим устройство и работу регулятора **NEW CALYPSO**.

Схема поршневого несбалансированного регулятора NEW CALYPSO.



1 - поршень; 2 - подушка клапана; 3 - седло клапана; 4 - пружина; 5 - фильтр; 6 - камера высокого давления; 7 - камера редуктора; 8 - гидростатическое отверстие; 9 - гидростатическая камера; 10 - уплотнительные кольца (O-ring).

Управляющим элементом поршневого несбалансированного регулятора является поршень (1), верхняя часть которого является клапаном. В торце поршня закреплена съемная подушка клапана (2). Седло клапана (3) жестко закреплено в корпусе. Если регулятор не нагружен (не находится под давлением), то клапан открыт, т.к. поршень отжат пружиной (4). При открытии вентиля баллона сжатый воздух устремляется через фильтр (5) в камеру высокого давления (6). Далее через открытый клапан в полость камеры редуктора (7). Затем по сквозному каналу в поршне (1) воздух проходит в нижнюю полость поршня (1). На поверхности, при достижении в камере редуктора (7) давления 9.2 бар, усилие от давления воздуха на верхнюю часть поршня преодолевает усилие пружины (4), в результате чего клапан закрывается. В момент вдоха в полости камеры редуктора создается разрежение воздуха, при этом давление в полости поршня соответственно понижается, и под действием пружины (4) поршень движется вниз - клапан открывается, пропуская воздух на вдох. При прекращении вдоха камера редуктора (7) наполняется воздухом до установочного давления и клапан закрывается.

При таком устройстве регулятора давление сжатого воздуха баллона напрямую оказывает воздействие на клапан. Сжатый воздух, поступающий из баллона, как бы помогает пружине (4) открыть клапан. Поэтому, если в баллоне давление сжатого воздуха низкое, клапан открывается медленнее, что приводит к медленному наполнению редуктора и постоянно увеличивающемуся сопротивлению на вдох. При низком давлении в баллоне может возникнуть ситуация, когда усилие давления под поршнем не сможет преодолевать силу пружины, и клапан будет находиться в положении «открыто». В этом проявляется несбалансированность простого поршневого регулятора.

Но, как известно, в каждом недостатке есть определенные достоинства. Во-первых, согласно требованиям систем обучения подводному плаванию, Вы должны начать подъем на поверхность до того, как у Вас в баллоне останется меньше 50 бар. А при таком количестве воздуха в баллоне дыхание еще вполне легкое. Во-вторых, если Вы забыли проконтролировать давление воздуха в баллоне при помощи манометра, то уменьшение запаса воздуха приведет к увеличению сопротивления на вдохе. Это будет сигналом к началу всплытия.

Гидростатическая сбалансированность регулятора NEW CALYPSO.

При погружении вода проникает через отверстия (8) в гидростатическую камеру (9). Под действием давления водного столба поршень (1) смещается в сторону полости камеры редуктора, открывая клапан. Вследствие этого в камеру редуктора поступает дополнительное количество воздуха, чтобы закрыть клапан и скомпенсировать давление воды. Т.е. давление в камере редуктора увеличивается на величину давления водного столба.

В некоторых моделях поршневых несбалансированных регуляторов гидростатическая камера может заливаться силиконовым маслом или другим специальным составом, при этом отверстия закрываются специальной мембраной. В такой конструкции давление окружающей среды на поршень передается через мембрану и силиконовое масло. Это делалось для защиты редуктора от холодной воды. Как и все регуляторы Aqua Lung, NEW CALYPSO имеет съемное седло клапана (3), изготовленное из высокопрочной нержавеющей стали. Вероятность повреждения такого седла крайне невелика, но даже если седло повреждено, его будет легко заменить. Большинство регуляторов других производителей имеют седло, которое является частью латунного корпуса. Вероятность повреждения латунного седла значительно выше, к тому же в этом случае потребуются замена корпуса целиком. "Слабым звеном" простого поршневого регулятора первой ступени является подушка седла клапана, испытывающая сильные нагрузки. Продавливание подушки вызывает неспособность клапана удерживать установочное давление, и регулятор начинает "травить". Подушка подлежит замене при периодическом обслуживании регулятора, так же как и все уплотнительные кольца и фильтр. Установочное давление NEW CALYPSO не регулируется, и его величина обусловлена конструкцией регулятора (силой пружины). Это довольно удобно при обслуживании регулятора.

2. Поршневой сбалансированный регулятор.

В современной линейке регуляторов Aqua Lung нет поршневого сбалансированного регулятора. Они были сняты с производства в середине 90-х годов прошлого столетия. Компания Aqua Lung решила больше не производить регуляторы этого типа. Дело в том, что их конструкция гораздо сложнее простых поршневых, и, следовательно, они значительно дороже в производстве. Более того, поскольку компания Aqua Lung уделяет огромное внимание устойчивости регуляторов к обмерзанию, то себестоимость производства поршневых сбалансированных холодноводных регуляторов возрастает еще больше. Возможно, производство этих серий регуляторов было бы оправдано, если бы они обладали лучшими характеристиками, по сравнению с мембранными регуляторами, но дело обстоит совсем наоборот.

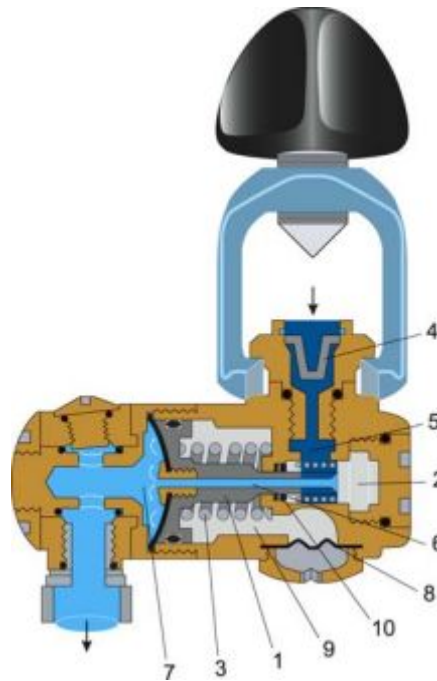
В рекламных проспектах редко приводятся технические характеристики, не требующие специального объяснения. Не всем известно, что одним из основных показателей работы регулятора первой ступени является величина падения давления в камере редуктора при вдохе. Чем меньше величина падения давления, тем быстрее регулятор реагирует на потребность в подаче воздуха в начальной фазе вдоха. Проконтролировать это можно, вкрутив в порт редуктора 3/8" проверочный манометр низкого давления. Конструктивные особенности поршневых регуляторов принципиально не позволяют сделать эту величину менее 1 бар. В то время как самый обычный мембранный регулятор имеет величину падения давления в камере редуктора 0.5 бар, т.е. мембранные регуляторы как минимум в 2 раза «чувствительнее» поршневых. Последний поршневой сбалансированный регулятор, выпускавшийся компанией Aqua Lung и до сих пор эксплуатирующийся многими дайверами, это *PIONEER*. Рассмотрим его устройство и работу.

Гидростатическая сбалансированность регулятора Pioneer.

При погружении вода давит на мембрану (8) гидростатической камеры (9), которая залита силиконовым маслом. Через мембрану (8) и силиконовое масло давление водного столба передается на поршень (1), который смещается в сторону камеры редуктора (7), открывая клапан. Вследствие этого в камеру редуктора поступает дополнительное количество воздуха, чтобы закрыть клапан и скомпенсировать давление воды. Т.е. давление в камере редуктора увеличивается на величину давления водного столба.

Силиконовая камера обеспечивает устойчивость регулятора к обмерзанию. Гидростатическая камера многих поршневых сбалансированных регуляторов других производителей открыта для доступа воды. Вместо мембраны (8) в таких регуляторах имеются отверстия. В этом случае регулятор может эксплуатироваться в воде не ниже 10°C согласно стандарту EN250.

Схема поршневого сбалансированного регулятора Pioneer.



1 - поршень, 2 – седло клапана; 3 - пружина; 4 - фильтр; 5 - камера высокого давления; 6 - сквозной канал поршня; 7 - камера редуктора; 8 - мембрана; 9 - гидростатическая камера; 10 - уплотнительное кольцо поршня (O-ring).

Управляющим элементом поршневого сбалансированного регулятора является поршень (1). Седло (2) клапана жестко закреплено в корпусе регулятора. Торец поршня является подушкой клапана. Если регулятор не нагружен, то клапан открыт, т.к. поршень отжат пружиной (3). При открытии вентиля баллона сжатый воздух устремляется через фильтр (4) в камеру высокого давления (5). Затем через открытый клапан и сквозной канал в поршне (6) воздух попадает в камеру редуктора (7). На поверхности при достижении в камере редуктора (7) установочного давления, усилие от давления воздуха на верхнюю часть поршня преодолевает усилие пружины (3), и поршень закрывает клапан. В момент вдоха в камере редуктора (7) создается разрежение воздуха, давление понижается, и под действием усилия пружины (3) поршень открывает клапан и пропускает воздух на вдох. При прекращении вдоха камера редуктора (7) наполняется воздухом до установочного давления и клапан закрывается.

При такой конструкции давление сжатого воздуха в баллоне не оказывает влияние на работу клапана, поэтому усилие на вдох не зависит от количества воздуха в баллоне, т.е. регулятор является сбалансированным.

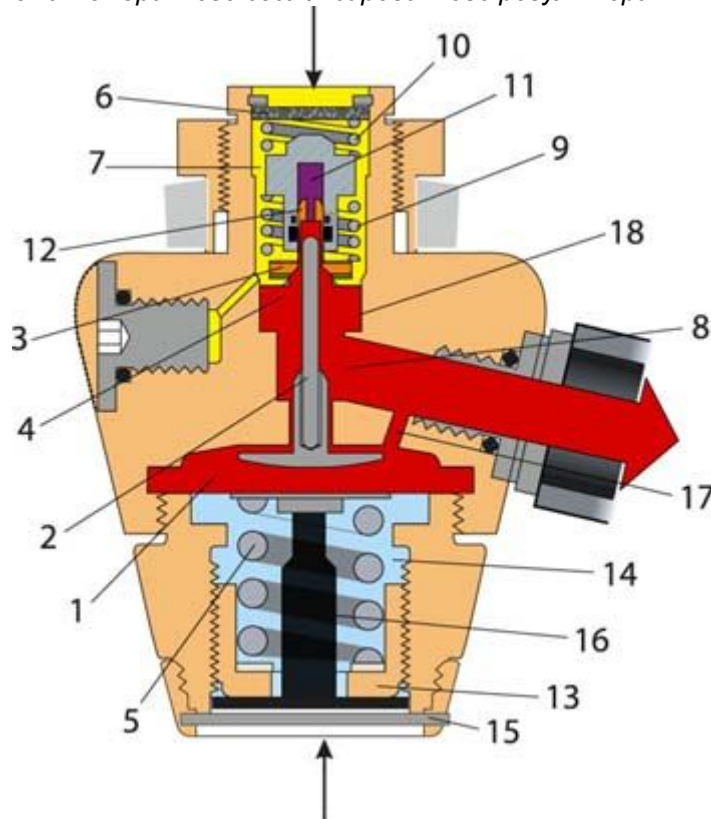
Наиболее "слабым звеном" поршневого сбалансированного редуктора является уплотнительное кольцо (10), несущее на себе максимальные нагрузки, т.к. изолирует камеру высокого давления. Именно из-за его истирания чаще всего происходит "травление" воздуха из первой ступени регулятора под водой. Также подушка седла клапана в результате истирания со временем становится неспособной удерживать установочное давление, в результате чего происходит постановка регулятора на свободную подачу воздуха. Подушка седла клапана, а также все уплотнительные кольца и фильтр подлежат обязательной замене при периодическом техническом обслуживании регулятора. Установочное давление регулятора PIONEER, также как и NEW CALYPSO, не регулируется, и его величина обусловлена конструкцией регулятора.

3. Мембранный несбалансированный регулятор.

Мембранные несбалансированные регуляторы также довольно бессмысленны с экономической точки зрения. Их себестоимость сравнима со сбалансированными мембранными регуляторами, но их рабочие характеристики заведомо ниже, так как их работа зависит от давления сжатого воздуха в баллоне. В настоящее время регуляторы этого типа не производятся никакими компаниями.

4. Мембранный сбалансированный регулятор.

Схема мембранного сбалансированного регулятора ТИТАН.



1 - мембрана; 2 - толкатель; 3 - тарелка клапана; 4 - седло клапана; 5 - пружина; 6 - фильтр; 7 - камера высокого давления; 8 - камера редутора; 9 - пружина; 10 - пружина; 11 - балансирующая камера; 12 - направляющая клапана; 13 - регулировочный винт; 14 - гидростатическая камера; 15 - силиконовая мембрана; 16 - толкатель; 17 - канал Air Turbo; 18 - уплотнительные кольца (O-ring).

Управляющим элементом мембранного сбалансированного регулятора является мембрана (1). Через толкатель (2) она связана с клапаном (3), который прижимается к седлу клапана (4) усилием двух пружин (9) и (10). Седло клапана (4) жестко закреплено в корпусе. Если регулятор не нагружен, то клапан под действием пружины (5) открыт. При открытии вентиля баллона сжатый воздух устремляется через фильтр (6) в камеру высокого давления (7). Затем через открытый клапан в камеру редутора среднего давления (8). На поверхности при достижении в камере редутора (8) давления 9.2 бар, усилие от давления воздуха на мембрану (1) преодолевает усилие пружины (5), мембрана (1) выравнивается, и под действием пружины (9) и пружины (10) клапан закрывается. В момент вдоха в камере редутора (8) создается разрежение воздуха, давление понижается и мембрана (1) под действием усилия пружины (5) прогибается в сторону камеры редутора (8) и через толкатель (2), преодолевая усилие пружин (9) и (10), открывает клапан и пропускает воздух на вдох. При прекращении вдоха камера редутора (8) наполняется воздухом до установочного давления и клапан закрывается.

Одним из главных элементов сбалансированного мембранного регулятора является балансирующая камера (11), внутри которой воздух находится под давлением, равным давлению в камере редутора (8). В результате работа клапана не зависит от давления сжатого воздуха, поступающего из баллона.

Установочное давление регулятора ТИТАН регулируется при помощи регулировочного винта (13), который регулирует степень сжатия пружины (5) и, следовательно, давление пружины (5) на мембрану (1). Прогибаясь внутрь камеры редутора (8), мембрана изменяет давление в этой камере.

Важным преимуществом регулятора ТИТАН (также как и всех других мембранных регуляторов Aqua Lung) является наличие системы Air Turbo. Под мембраной в корпусе регулятора имеется дополнительное отверстие (17), ведущее в камеру редутора. При разрежении воздуха в камере редутора, наступающего в результате совершения вдоха из второй ступени, происходит дополнительное инжектирование через канал системы Air Turbo. В результате, мембрана быстрее реагирует на вдох, а также обеспечивает более стабильную подачу воздуха на протяжении всей фазы вдоха.

При техническом обслуживании мембранных регуляторов необходимо менять мембрану (2 мембраны, при наличии сухой камеры), тарелку седла клапана, все уплотнительные кольца (шайбы) и фильтр.

5. Мембранный сверхсбалансированный регулятор.

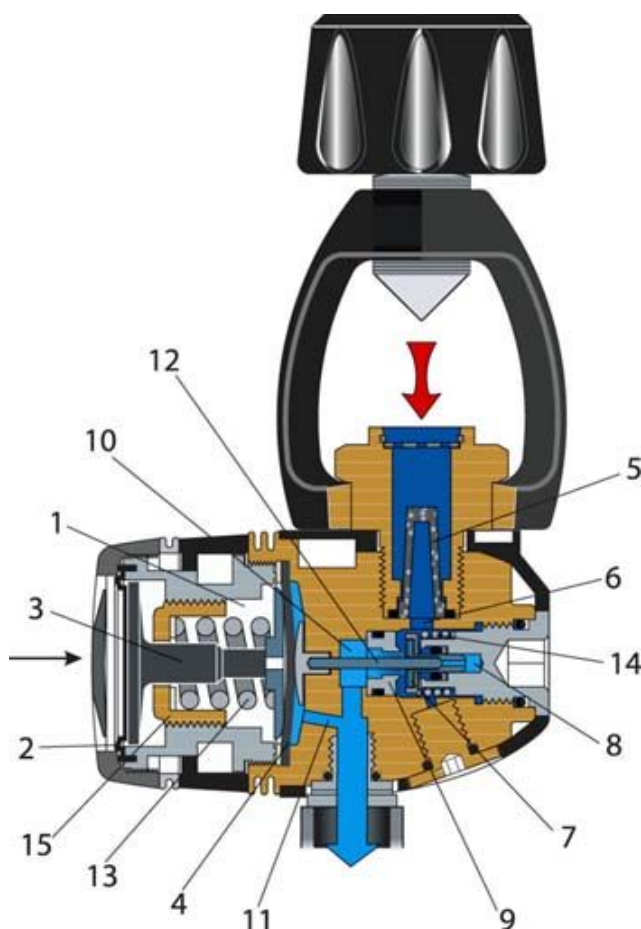
Почему же все-таки на больших глубинах мы ощущаем большее усилие на вдох, даже если регулятор сбалансирован гидростатически и имеет сбалансированный клапан редуктора, работа которого не зависит от величины давления воздуха в баллоне?

Дело в том, что на глубине в результате возрастания давления окружающей среды, воздух имеет большую плотность, а, следовательно, вязкость. Сила трения при прохождении воздухом каналов и сечений увеличивается. Также в шлангах среднего давления ввиду неровностей внутренней поверхности возникает эффект турбулентности. Все это приводит к дополнительному сопротивлению на вдох, которое увеличивается с глубиной.

Чтобы обеспечить стабильную сбалансированную работу механизмов регулятора независимо от глубины и давления сжатого воздуха и обеспечить подачу воздуха в достаточном объеме в единицу времени независимо от глубины, был придуман свехсбалансированный регулятор.

Сверхсбалансированность означает, что установочное давление регулятора растет с глубиной. Сделано это для того, чтобы компенсировать возрастающую плотность воздуха на больших глубинах. Мембранные сверхсбалансированные регуляторы в настоящее время представлены только [серией регуляторов Legend](#) компании Aqua Lung.

Схема мембранного сверхсбалансированного регулятора Legend.



1 - гидростатическая камера; 2 - силиконовая мембрана; 3 - толкатель; 4 - основная мембрана; 5 - фильтр; 6 - камера высокого давления; 7 - клапан; 8 - балансирующая камера; 9 - седло клапана; 10 - камера редуктора; 11 - канал Air Turbo; 12 - толкатель; 13 - пружина; 14 - пружина; 15 - регулировочная гайка.

Регулятор Legend имеет конструкцию очень схожую с конструкцией сбалансированных мембранных регуляторов TITAN. Главное отличие - это устройство гидростатической камеры (1). Обязательным элементом ее является сухая камера. Гидростатическая камера закрыта силиконовой мембраной (2) и через толкатель (3) передает давление окружающей среды на основную мембрану регулятора (4).

В регуляторе TITAN диаметр силиконовой мембраны сухой камеры рассчитан так, чтобы с каждым увеличением давления окружающей среды на 1 бар, давление в камере редуктора также увеличивалось на 1 бар. Таким образом, установочное давление регулятора остается постоянным независимо от глубины.

В регуляторе Legend диаметр силиконовой мембраны сухой камеры чуть больше, чем у регулятора TITAN при одинаковом диаметре основной мембраны. Следовательно, при увеличении внешнего давления, в результате разницы площадей двух мембран, давление в камере редуктора с увеличением глубины возрастает на большую величину, т.е. установочное давление регулятора Legend увеличивается с глубиной. В результате увеличения установочного давления на глубине воздух быстрее проходит по каналам, что компенсирует выросшую его плотность. Таким образом, сухая камера сверхсбалансированного регулятора Legend обеспечивает не только защиту первой ступени регулятора от холодной воды и загрязнения, но и является главным механизмом, обеспечивающим сверхсбалансированность.

Так как установочное давление регулятора Legend растет с глубиной, то несбалансированные вторые ступени регуляторов к нему не подходят, т.к. будут срабатывать на увеличение установочного давления как предохранительный клапан. Для работы со сверхсбалансированными регуляторами предназначены сбалансированные вторые ступени регуляторов.

Вторая ступень регулятора.

Вторая ступень регулятора (в отечественной литературе – дыхательный автомат) предназначена для редуцирования давления воздуха, выходящего из первой ступени регулятора (в отечественной литературе – редуктора), до давления окружающей среды.

Дыхательные автоматы можно разделить на две группы – с поточным и противоточным механизмом клапана.

Конструкция дыхательных автоматов противоточного типа такова, что клапан закрывается потоком воздуха, идущего из первой ступени. Очевидны недостатки такой конструкции. В случае неисправности первой ступени и при нарастании промежуточного давления шланг может разорваться, или воздух может ворваться на вдох под высоким давлением. Чтобы исключить подобные ситуации, в первую ступень таких регуляторов встраивали предохранительный клапан. Так устроены, например, регуляторы АВМ-1М, АВМ-5, а также регуляторы Aqua Lung, выпускавшиеся в 50-х – 60-х годах прошлого столетия.

подавляющее большинство производимых сегодня дыхательных автоматов имеют механизм клапана поточного типа. Это означает, что клапан открывается потоком воздуха, движущегося из первой ступени. Это очень важное свойство, так как давление воздуха, входящего во вторую ступень (установочное), помогает открыть клапан. Кроме того, в случае неисправности первой ступени нарастающее промежуточное давление воздуха не повредит шланг или вторую ступень. Вместо этого нарастающий поток воздуха откроет клапан, и регулятор встанет на свободную подачу, продолжая вместе с тем обеспечивать подачу воздуха дайверу.

Все современные модели регуляторов Aqua Lung (и других производителей) оснащены дыхательными автоматами поточного типа. Они делятся на две категории – сбалансированные и несбалансированные. Рассмотрим подробнее устройство и работу дыхательных автоматов Aqua Lung.

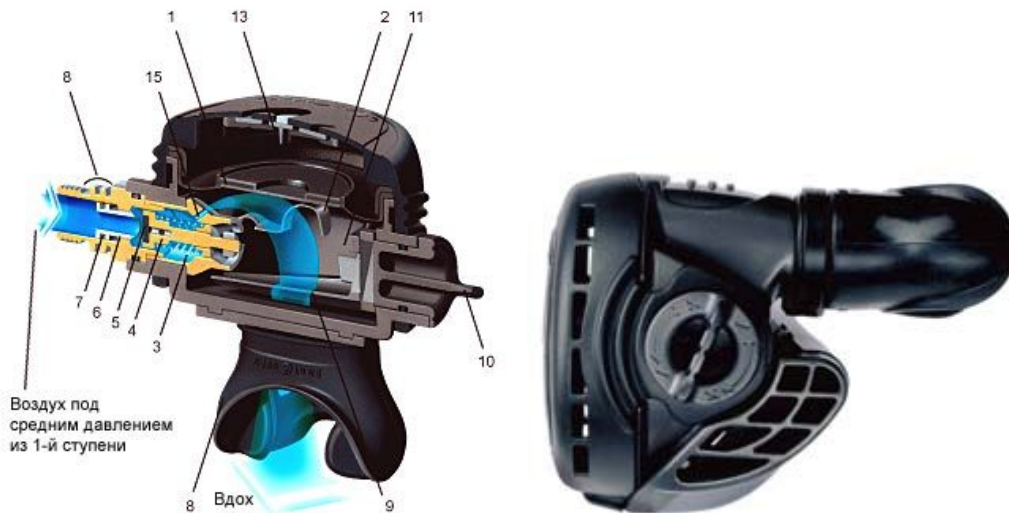
Лирическое отступление.

Проблема "травления" второй ступени, часто вызвана неисправностью первой ступени. Конечно, бывает и так, что причина неисправности кроется в самой второй ступени. В любом случае, обращаясь в сервисный центр, необходимо представить регулятор в сборе, и обслуживание регулятора должно выполняться в полном объеме.

Политика компании Aqua Lung запрещает частичное обслуживание регулятора.

По своему принципу работы все дыхательные автоматы очень похожи. Рассмотрим устройство и работу дыхательных автоматов на примере регулятора Aqua Lung CALYPSO (Рис.1). Это простейший несбалансированный дыхательный автомат в линейке регуляторов Aqua Lung, рассмотрев которую, можно будет легче понять преимущества более продвинутых моделей.

Схема второй ступени CALYPSO.



1 – мембрана; 2 – рычаг; 3 – пружина; 4 – шток клапана; 5 – подушка клапана; 6 – седло клапана; 7 – O-ринг; 8 – теплообменник; 9 – заслонка Вентури; 10 – рычаг регулировки Вентури; 11 – воздушная камера; 13 – водная камера; 14 – загубник; 15 – отверстие клапана.

Мембрана вторых ступеней.

Управляющим элементом всех известных дыхательных автоматов является мембрана (1). Она разделяет корпус дыхательного автомата на две камеры – воздушную (11) и водную (13). В воздушной камере всегда поддерживается давление, равное давлению окружающей среды, т.е. давлению в водной камере. Именно при таком давлении мы можем сделать вдох. Вдох мы делаем из воздушной камеры (11). В нее же мы и выдыхаем. Поэтому при выдохе получается автоматическое выравнивание давления по обе стороны мембраны – воздушная камера наполняется выдыхаемым воздухом до давления "за бортом", а излишки воздуха стравливаются через односторонний лепестковый клапан выдоха.

Если мы представим себе гипотетическую ситуацию, когда мы задерживаем дыхание на поверхности и при этом погружаемся, то с глубиной под давлением воды мембрана прогибается вниз – в воздушную камеру, надавливая на рычаг (2). Рычаг открывает клапан, и воздух из первой ступени под давлением поступает в воздушную камеру дыхательного автомата. Поступление воздуха продолжается до тех пор, пока давление в воздушной камере (11) не увеличится и не станет равным давлению воды, тогда мембрана (1) вернется в исходное положение, и клапан закроется. Таким образом, в воздушной камере дыхательного автомата все равно будет поддерживаться давление, равное давлению окружающей среды, и регулятор будет наготове, чтобы мы смогли сделать вдох.

При совершении вдоха в воздушной камере (11) дыхательного автомата CALYPSO происходит разрежение, в результате чего мембрана (1) прогибается вниз и надавливает на рычаг (2). Рычаг, соединенный со штоком клапана (4), преодолевая усилие пружины (3), отводит клапан, на торце которого закреплена сменная подушка клапана (5), от седла клапана (6). Через открытый клапан и отверстие (15) воздух устремляется в воздушную камеру дыхательного автомата (11), и через нее – на вдох.

При прекращении вдоха и с началом выдоха воздух заполняет камеру (11) до давления окружающей среды, и мембрана (1) возвращается в исходное положение, а клапан под воздействием пружины (3) закрывается. Излишки выдыхаемого воздуха выходят через односторонний лепестковый клапан, расположенный в нижней части воздушной камеры дыхательного автомата. Его прикрывает дефлектор (рис.1а), который защищает клапан от внешнего воздействия, а также отводит пузырьки выдыхаемого воздуха. Дыхательный автомат регулятора CALYPSO оснащен системой регулировки Вентури с удобным переключателем (10), расположенным сбоку корпуса.

Эффект Вентури.

Эффект Вентури является следствием закона Бернулли, согласно которому давление газа или жидкости обратно пропорционально скорости их движения. На уроках физики многим из нас демонстрировали действие этого закона. Возьмите лист бумаги формата А4, согните и разорвите его вдоль пополам. Затем, удерживая параллельно две образовавшиеся полоски бумаги на расстоянии 5-10 см друг от друга, подуйте сквозь образовавшийся канал. Вместо ожидаемого расхождения, полоски сомкнутся. Происходит это из-за того, что давление воздуха, движущегося между полосками, понижается по сравнению с давлением воздуха с внешней стороны полосок.

Точно также ведет себя мембрана дыхательного автомата в фазе вдоха, т.е. когда клапан второй ступени уже открыт. Поток воздуха, движущийся в воздушной камере дыхательного автомата, имеет меньшее давление по сравнению с давлением с внешней стороны мембраны, в результате чего мембрана еще больше прогибается внутрь воздушной камеры – происходит самопроизвольная инжекция воздуха. Это продолжается до тех пор, пока поток воздуха не прекращается, и мы начинаем совершать выдох. Т.е. по сути, этот эффект помогает нам на фазе вдоха.

Эта система представляет собой заслонку (9 на рис.1 и рис.3), которая перенаправляет поток воздуха внутри воздушной камеры дыхательного автомата. Иногда переключатель Вентури называют Dive/Pre-Dive. В положении "максимум" канал полностью открыт для потока воздуха, т.е. инжекция задействована по максимуму. Если, например, при открытом вентиле баллона нажать на кнопку принудительной подачи воздуха, то дыхательный автомат весьма шумно встанет на постоянную подачу, даже если Вы перестанете нажимать на кнопку. Остановить свободную подачу Вы сможете, либо, прикрыв ладонью загубник, либо переведя переключатель Вентури в положение "минимум".

Адиабатическое расширение газа

Согласно закону Гей-Люссака, в точке адиабатического расширения газа (расширение газа в результате перепада с большего давления на меньшее) происходит резкое падение температуры газа. Это явление наблюдается при открытии вентиля баллона без присоединенного к нему регулятора – очень быстро верхняя часть баллона покрывается инеем. Верно и обратное – при адиабатическом сжатии газа, происходит повышение его температуры. Поэтому при забивании баллона воздухом из компрессора баллон нагревается.

В дыхательном автомате в точке выхода воздуха из клапана (назовем ее "точкой холода"), температура воздуха понижается примерно до -30°C . Т.к. мы выдыхаем влажный воздух, то в точке крепления рычага к штоку клапана, где температура низкая, конденсируется влага, которая может превратиться в лед и вызвать заклинивание рычага, что, в свою очередь, может нарушить работу дыхательного автомата – он может встать на свободную подачу. Поэтому конструкторам регуляторов приходится, так или иначе, решать проблему обмерзания дыхательных автоматов. Наиболее успешной разработкой в этом плане является дыхательный автомат Aqua Lung GLACIA.

Лирическое отступление.

Необмерзающих регуляторов не бывает! Любой регулятор может замерзнуть при наличии в нем влаги. Можно говорить только об устойчивости регулятора к обмерзанию. В подавляющем большинстве случаев обмерзание регулятора вызвано наличием влаги внутри регулятора, что, в свою очередь, вызвано неправильной его эксплуатацией, хранением или уходом за ним.

Продувка регулятора сжатым воздухом сразу после погружения, промывание и даже хранение регулятора при неплотно прикрученной заглушке YOKE или DIN-подсоединения, нажатие кнопки принудительной подачи воздуха при промывке регулятора – вот типичные ошибки, которые приводят к попаданию влаги внутрь регулятора. Также влага может проникнуть в регулятор из баллона, где сжатый воздух не осушен.

Рекомендации для достижения устойчивости регуляторов к обмерзанию.

1. Использование изолированной сухой камеры редуктора.
2. Понижение установочного давления регулятора до минимально допустимого значения.
3. Применение радиаторов-теплообменников на дыхательном автомате.
4. Тефлоновое и др. специальные покрытия внутренних механизмов.
5. Загрубление регулировки сопротивления дыханию второй ступени регулятора.
6. Отсутствие конденсата в регуляторе, что непосредственно связано с его правильным обслуживанием и тех. характеристиками.
7. Заправка баллонов **сухим** воздухом.
8. Регулярное (не реже одного раза в год) сервисное обслуживание регулятора.

Дыхательный автомат LX.

Дыхательный автомат LX является сбалансированным.

Принципиальная схема его устройства похожа на устройство мембранной сбалансированной первой ступени регулятора. Шток (1) клапана имеет сквозное отверстие, через которое воздух из первой ступени при среднем давлении поступает в балансирующую камеру (2). О-ринг (3) предотвращает попадание воздуха из балансирующей камеры (2) в воздушную камеру (4). Таким образом, помимо усилия пружины (5), клапан подпирается изнутри, в балансирующей камере, давлением воздуха, равным промежуточному давлению.

Иными словами, в отличие от несбалансированного дыхательного автомата, где пружине приходится преодолевать давление сжатого воздуха, поступающего из первой ступени, в сбалансированном дыхательном автомате сам сжатый воздух промежуточного давления частично компенсирует усилие пружины для закрытия клапана. Поэтому такая конструкция позволяет значительно уменьшить силу упругости пружины (5), а, следовательно, снизить усилие на подрыв клапана. Именно поэтому дыхание из второй ступени LX исключительно легкое, и оно практически не зависит от величины промежуточного (установочного) давления.

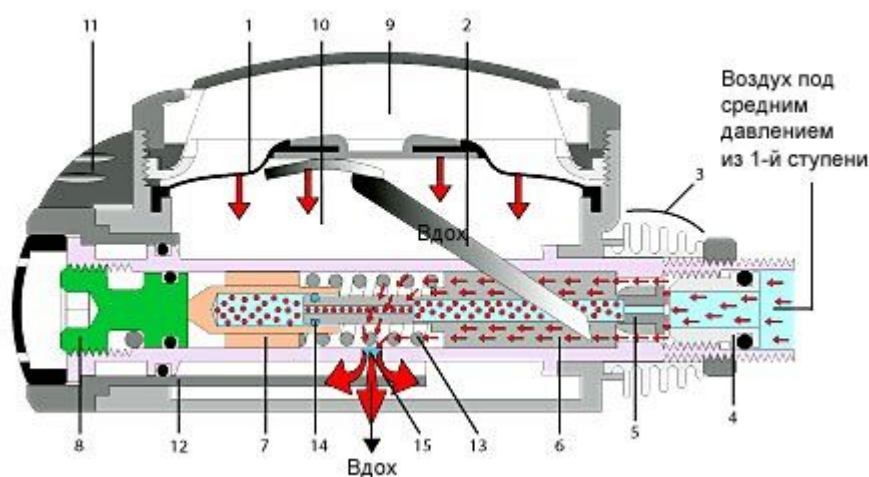
Это обстоятельство позволяет установить сбалансированный дыхательный автомат LX на сверхсбалансированный редуктор, каковым является **LEGEND**, у которого с глубиной растет установочное давление.

При совершении вдоха в воздушной камере (10) дыхательного автомата LX происходит разрежение, в результате чего мембрана (1) прогибается вниз и надавливает на рычаг (2). Рычаг, соединенный со штоком клапана (6), преодолевая усилие пружины (13), отводит клапан, на торце которого закреплена сменная подушка клапана (5), от седла клапана (4). Через открытый клапан и, затем, через отверстие (15) в цилиндре механизма клапана, воздух устремляется в воздушную камеру дыхательного автомата (10), и через нее – на вдох. При прекращении вдоха и начале выдоха воздух заполняет камеру (10) до давления окружающей среды, и мембрана (1) возвращается в исходное положение, а клапан под воздействием пружины (13) закрывается. Излишки выдыхаемого воздуха выходят через односторонний лепестковый клапан (4, рис.6), расположенный в нижней части воздушной камеры дыхательного автомата. Его прикрывает дефлектор (5, рис.6), который защищает клапан от внешнего воздействия, а также отводит пузырьки выдыхаемого воздуха.

Дыхательный автомат регулятора LX оснащен системой регулировки Вентури с удобным переключателем (11). Эта система представляет собой заслонку (12), которая перекрывает и перенаправляет поток воздуха, выходящего в воздушную камеру из отверстия (15).

Для обеспечения устойчивости к обмерзанию, дыхательный автомат LX оснащен теплообменником (3).

Схема дыхательного автомата LX, фаза вдоха.



- 1 – мембрана; 2 – рычаг; 3 – теплообменник; 4 – седло клапана; 5 – подушка клапана; 6 – шток клапана; 7 – балансирующая камера; 8 – установочный винт пружины; 9 – водная камера; 10 – воздушная камера; 11 – рычаг регулировки Вентури; 12 – заслонка Вентури; 13 – пружина; 14 – О-ринг; 15 – отверстие в корпусе клапанного механизма.

Дыхательный автомат LX кроме регулировки Вентури имеет еще и регулировку сопротивления дыханию, а, следовательно, влияет на усилие открытия клапана второй ступени («подрыв клапана»). Это очень полезная регулировка, которая, по сути, позволяет регулировать расход воздуха. При полностью закрученном винте сопротивление на вдох максимально, и этот режим позволяет очень экономно расходовать воздух. При полностью выкрученном винте сопротивление на вдох практически отсутствует.

Как часто производить сервисное обслуживание регуляторов?

Частота обслуживания зависит от количества проведенных погружений и условий использования. В любом случае производители рекомендуют проводить необходимое обслуживание **не реже одного раза в год** для поддержания оборудования в хорошем рабочем состоянии.

Если регулятор интенсивно используется, в очень соленой, сильно хлорированной или загрязненной воде, сервисное обслуживание следует проходить от 2-х до 4-х раз в год, в зависимости от интенсивности работы и условий эксплуатации.

Редкое использование или долгое хранение регулятора не исключает необходимости в обслуживании. Длительное хранение или хранение в неправильных условиях могут послужить причиной коррозии металлических частей и разрушения уплотнений.