

Горный Надзор — Спасательное дело.

Новые спасательные аппараты без инжектора.

В первых спасательных аппаратах (респираторах) со сжатым кислородом, нашедших применение в горном деле: Fleuss 1879 г., Mayer-Pilar 1897 г. и др. внутренняя циркуляция воздуха осуществлялась силой легких. Однако, обнаруженное значительное сопротивление движению воздуха в этих аппаратах заставило изобретателей воспользоваться энергией кислорода при расширении его с тем, чтобы усилить циркуляцию воздуха внутри аппарата и тем облегчить работу легких. Изобретенный в 1901 г. Гирсбергом (Берлин), инжектор нашел применение в спасательных аппаратах Дрегера, Вестфалии и др., из которых первый имеет в России почти исключительное распространение. Эти аппараты в последние годы подверглись резкой критике, главным образом, со стороны английских и американских физиологов и практиков горно-спасательного дела: Haldan, Cadman (Англия), Henderson, Paul (Америка) и др., указавших на целый ряд присущих этим аппаратам недостатков.

Не входя в детальную оценку этой критики, как и самых недостатков указанных аппаратов, так как это не составляет задачу настоящей статьи, укажем только на наиболее существенные из них. Как мы отмечали уже ранее¹⁾, для обеспечения нормального дыхания человека в респираторе при особенно тяжелой работе необходимо иметь приток кислорода до 3-х литров в минуту. Если же учесть все условия, при которых спасатель принужден иногда работать, и возбужденное состояние его в минуты опасности, то норма потребления кислорода при такой работе даже в 3,5 литра в минуту не будет преувеличенной. В нормальном же состоянии и при легкой работе потребление кислорода не превышает 1—1,5 литра в минуту.

Вместе с тем при тяжелой работе, когда увеличивается потребление кислорода, вдохи человека делаются глубже и чаще; если в нормальном состоянии при легкой работе человек при 15—20 вдохах требует для своего дыхания 20—40 литров свежего воздуха в минуту, то при осо-

бенно тяжелой работе в возбужденном состоянии потребление воздуха может увеличиться до 100 литров при 35—40 вдохах в минуту. Для такой работы ни один из существующих инжекторных аппаратов не приспособлен. Они дают постоянный приток кислорода, обычно 2 литра в минуту и обеспечивают только определенную внутреннюю циркуляцию воздуха (обычно 50—60 литров в минуту). Правда, эти аппараты допускают увеличение нормы потребления кислорода и усиление вместе с тем циркуляции воздуха путем повышения давления в камере редукционного инжектора, что достигается увеличением давления пружины редуктора на диафрагму его, но эта мера вызывает несравненно большой расход кислорода, при котором возможность продолжительности работы в респираторе уменьшается. С другой стороны, опытами установлено, что инжекторные аппараты Дрегера и Вестфалии (конструкций до 1913 г. и др. даже при обычной норме расхода кислорода (2 литра в минуту) имеют значительное разрежение воздуха внутри аппарата, до 85 мм. водяного столба. У позднейших (с 1913 года) моделей этих аппаратов разрежение почти исключено, но за то имеется значительный избыток давления воздуха. Увеличение притока кислорода вызывает большее разрежение и избыток давления воздуха в аппарате, что может при незначительных даже неплотностях соединений или повреждении частей его повлечь за собой засасывание атмосферного воздуха и утечку его из аппарата; первое грозит отравлением работающего в респираторе ядовитыми газами (СО), а второе может лишить его необходимой массы воздуха. Если принять во внимание все условия работы в респираторе и те случайности, с которыми спасатель может встретиться в удручающей атмосфере, то такая мера увеличения притока кислорода и циркуляции воздуха в аппарате не может быть рекомендована.

Инжектор, обеспечивая нормальную циркуляцию воздуха в аппарате в определенных размерах и облегчая, таким образом, дыхание работающего, вместе с тем является наиболее существенным препятствием усиленной циркуляции воздуха. Сопротивление движению воздуха инжектором и других частей существующих инжекторных респираторов настолько значительно, что почти исключает возможность увеличения циркуляции воздуха внутри аппарата силами легких и, таким образом, препятствует нормальному дыханию человека при особенно тяжелых условиях работы.

¹⁾ Катастрофа на Горловских рудниках в 1917 году — Горный Журнал, 1924 г., № 2.

В таких случаях выдыхаемый воздух, богатый CO_2 , скопится в дыхательном мешке, благодаря тому, что инжектор не успевает его засасывать и вновь поступает в легкие при вдыхании, вызывая у работающего сильную головную боль и даже удушье.

Для аппаратов, в которых дыхательный мешок разделен на две несообщающиеся между собой половины, (напр., Дрегер мод. 1911 г.) возможность переполнения дыхательной части мешка углекислотой в таком случае, правда, исключена, но зато имеется опасность для работающего при продолжительном сильном напряжении задохнуться (вырвется мундштук) от недостатка воздуха в этой части мешка.

Изложенные выше соображения послужили мотивами для создания новых моделей спасательных аппаратов с скачком кислорода, основанных на принципе естественной циркуляции воздуха силой легких (без инжектора). За последние годы (с 1916 г.) появился целый ряд таких моделей в Западной Европе и в Америке.

Все эти аппараты можно разделить на 2 группы:

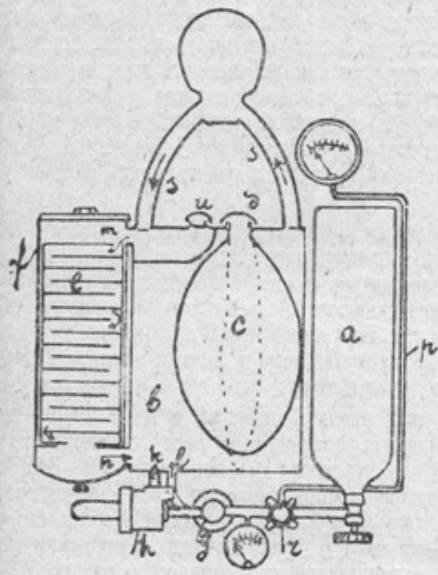


Рис. 1.

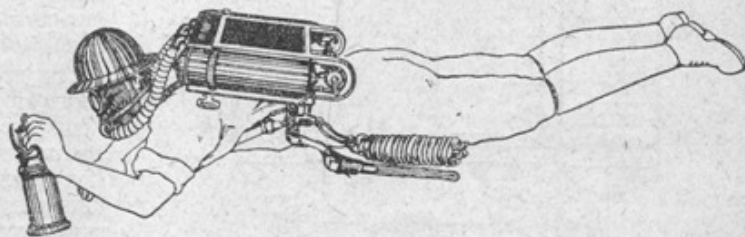


Рис. 2.

1) Легочно-силовые-дозировочные респираторы, в которых приток кислорода является постоянным,

II) Легочно-автоматические респираторы, в которых приток кислорода регулируется автоматически легкими.

В первой группе заслуживают быть отмеченными:

Респираторы «Иххабад», «Бридж» и «Дрегер» мод. 1921 г.

Легочно-силовой респиратор «Иххабад» изготавливается фирмой Inhabad-Gesellschaft (Берлин) 2-х типов — с одной и с двумя камерами.

На рис. 1 изображена схема одноканального респиратора «Иххабад». Обозначения: «a» — кислородный цилиндр, емкостью 1,6 литра, вмещает при 150 атм. давления 240 литров кислорода, «b» — металлический ящик (дыхательная камера) для свежего воздуха, заменяющий дыхательный мешок обычного типа, «c» — баллонет, резиновый мешок, сообщающийся с наружным воздухом через штуцер «d», «e» — регенеративный патрон, заключенный в картонную оболочку, которая вставляется в камеру «f», сообщающуюся с камерой «b» через каналы «m» и «n», «h» —

редукционный клапан, сообщающийся с камерой «b» через дозирующее отверстие «k», «g» — добавочный (байпас) клапан, посредством которого кислород из цилиндра «a» может поступать через канал «l» в камеру «b», минуя редукционный клапан.

Аппарат имеет 2 финиметра, из которых один помещается между редукционным клапаном и кислородным цилиндром, а другой — соединен с последним, посредством отвода «p» (гибкая металлическая трубка) и помещается на груди работающего в аппарате с левой стороны. «r» — клапан для закрытия доступа кислорода в трубку отвода «p». «u» — клапан для выпуска избытка воздуха, «s» — дыхательные шланги.

Аппарат снабжен кожаной маской, плотно прилегающей к лицу; при желании маска может быть заменена мундштуком с носовым зажимом.

Циркуляция воздуха в аппарате осуществляется силой легких в направлении, показанном на схеме стрелками. В период вдоха, когда в камере «b» образуется вакуум, наружный воздух поступает через штуцер «d» в баллонет «c» и последний расширяется. В период выдыхания баллонет сжимается и воздух из него выходит наружу. Таким образом, баллонет служит регулятором давления в дыхательной камере и этим устраняет возможность засасывания внутри аппарата наружного воздуха через неплотности в соединениях, или случайные повреждения.

Через дозирующее отверстие «k» редукционный клапан подает в дыхательную камеру 2 литра кислорода в минуту. В случае нужды можно, посредством байпаса вентиля «g», ввести в дыхательный ящик добавочный кислород через канал «l». На рис. 2 изображен общий вид аппарата. К достоинствам аппарата нужно отнести компактность его, незначительную длину дыхательных шлангов и

отсутствие шлангов, соединяющих дыхательную камеру с регенеративным патроном.

По сравнению с респираторами Дрегера и Вестфалия, моделей 1904—21 г.г., аппарат «Иххабад» имеет еще преимущество, именно, благодаря наличию дыхательной камеры, которая, заменяя неудобно располагаемый и подверженный случайному сжатию дыхательный мешок, служит в то же время холодильником. Этим устраняется излишнее сопротивление движению воздуха внутри аппарата, имеющее место при наличии отдельного холодильника.

Дальнейшим усовершенствованием описанного аппарата является респиратор «Иххабад» с двумя баллонетами, мод. 1924 г., изображенный на рис. 3. Дыхательная камера этого аппарата разделена перегородкой на 2 половины. «B» — камера для выдыхаемого воздуха, «C» — камера для регенерированного воздуха; верхняя часть камеры «B» отделена от последней перегородкой и сообщается с камерой «C», образуя канал, по которому выдыхаемый воздух проходит из камеры «C» к клапану «P₂» и далее в шланг «L₂». Обе камеры имеют отдельные баллонеты, емкостью

5 литров каждый, сообщающиеся с наружным воздухом через штуцера «S». Объем каждой камеры около 10 литров. Выдыхаемый воздух по шланге «L₁», через клапан «P₁», поступает в камеру «B». Часть его проходит далее в регенеративный патрон, а большая часть заполняет камеры «B», вытесняя воздух из баллонета. Эта часть выдыхнутого воздуха переходит (через патрон) в камеру «C», постепенно в периоды паузы и вдоха, когда в ней создается разрежение, которое уничтожается частью притоком воздуха из камеры «B», а частью расширением баллонета камеры «C».

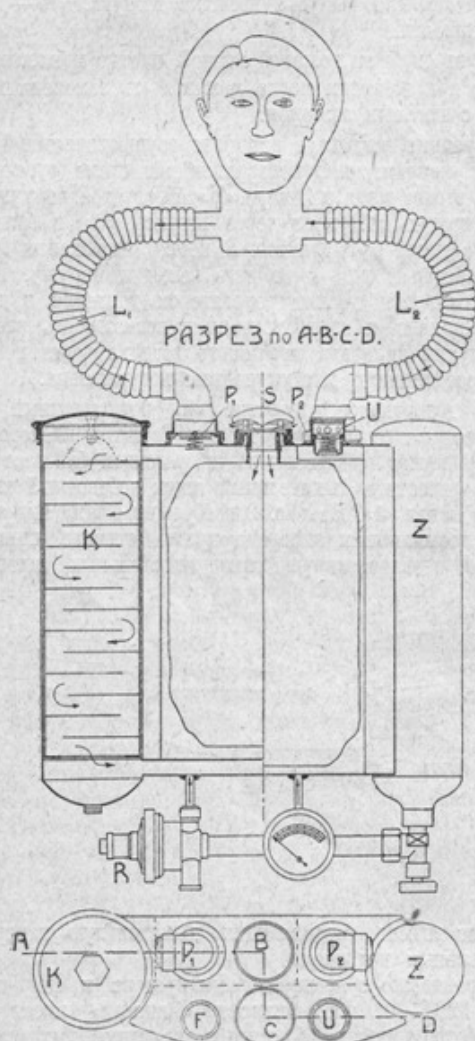


Рис. 3.

Предохранительный клапан «U» служит для выпуска из камеры «C» избытка воздуха, в случае повышенного давления внутри аппарата, которое может образоваться при покое работающего, когда расход кислорода будет незначительным, а также при открытии бай-пасс вентиля, когда в камеру «C» поступает значительное количество кислорода под большим давлением. Верхняя часть клапана «U», как и штуцер «F», служат для укрепления свободных концов дыхательных шлангов (штуцеров), в том случае, когда аппарат не находится в употреблении.

Наличие 2-х баллонетов, с одной стороны, уменьшает сопротивление движению выдыхаемого воздуха внутри ап-

парата, так как этот воздух проходит через регенеративный патрон постепенно, с меньшей скоростью, чем в однокамерном аппарате, и с другой стороны, этим значительно уменьшается избыток давления в период выдыхания. Кроме того, выдыхаемый воздух, проходя через патрон с меньшей скоростью, лучше очищается от CO₂.

Как показали опыты, внутреннее сопротивление движению воздуха в 2-камерном аппарате в 2—2,5 раза меньше, чем в однокамерном, и при объеме выдыхаемого в один раз воздуха в 2,4 литра не превышает давление 35 мм. водного столба (данные фирмы).

Благодаря значительному объему камеры «C» (10 литров), она служит хорошим холодильником для регенерированного воздуха и позволяет иметь запас кислорода, который, поступая непрерывно в камеру, в количестве 2 литров в минуту, аккумулируется в ней и служит резервом на случай особенно тяжелой работы, когда потребность в кислороде для дыхания превысит 2 литра в минуту. Как и старая модель, 2-камерный аппарат довольно компактен, помещается весь на спине, так что грудь и бока работающего остаются свободными. Вес аппарата в собранном виде — 16 килограмм.

К недостаткам обеих моделей нужно отнести неудачное расположение бай-пасс вентиля, затрудняющее пользование последним, так как работающий должен открывать его сзади наощупь, а также возможность повреждения баллонетов, сделанных из тонкой резины; в таком случае имеется опасность проникновения наружного воздуха внутрь аппарата и отравления работающего окисью углерода.

Кожанную маску «Иххабад», заменяющую мушкетерскую (рис. 2), нужно признать неудачно сконструированной, так как она не гарантирует плотное прилегание к лицу и, следовательно, не исключает возможности проникновения в дыхательные пути наружного воздуха, а вместе с тем она сильно сжимает мускулы лица и может вызвать головную боль, растирание кожи и пр.

На рис. 4 изображен общий вид, а на рис. 5 — схема респиратора Бриджа, получившего распространение в Англии. Кислородный цилиндр «С» вмещает 290—360 литров сжатого кислорода, при давлении 120—150 атмосфер. При подаче кислорода в 2 литра в минуту, запас его считается на 2—2,5 часа работы. Цилиндр готовится из высококачественной углеродистой стали и весит около 3,2 килограмма.

Редукционный вентиль «R», бай-пасс вентиль «B», финиметр и измеритель расхода кислорода «G» — помещаются с левой стороны работающего так, что он может наблюдать за состоянием кислорода в цилиндре во время работы, не прибегая к помощи рук. Вентильная коробка «R—B» разделена на 2 камеры, из которых нижняя представляет собой редукционный вентиль, а верхняя — бай-пасс вентиль. Между камерами проходит канал от кислородного цилиндра, отрывающийся отверстиями в обеих камерах и сообщающийся далее с финиметром. Отверстия, подводившие кислород в камеры редуктора и бай-пасс вентиля, закрываются клапанами при помощи рычагов, плечи которых действуют диафрагмы редуктора и бай-пасс вентиля. Диафрагма редуктора сделана из германского серебра, допускает точную регулировку, достаточно чувствительна к колебаниям давления и в то же время имеет значительное преимущество перед резиновой, так как она более прочна и гибкость ее не зависит от температуры. Диафрагма бай-пасс вентиля состоит из кружка плотной кожи, закрытого сверху особой крышкой. Клапан бай-пасс вентиля открывается нажатием пальца на эту диафрагму.

Кислород из камеры редуктора проходит по соборному каналу в камеру бай-паса вентиля и далее через гибкую шлангу «Н» поступает в дыхательную систему аппарата. Вместо дозирующего отверстия в канале, соединяющем камеру редуктора и бай-пас вентиля, помещается набивка шерстяной ваты, степень уплотнения которой регули-



Рис. 4.

руется особым винтом. Применение такой набивки, вместо шарнирного отверстия, оправдывается следующими соображениями: уменьшается опасность засорения, так как канал имеет значительный диаметр (по сравнению с диаметром шарнирного отверстия) и кислород при проходе через отверстие разделяется на мелкие струи; с другой стороны, изменяя уплотнение набивки, можно легко менять приток кислорода.

Измерительная коробка «G», соединенная непосредственно с вентиляльной, вмещает финиметр-измеритель давления в цилиндре (в атмосферах), соединенный непосредственно с последним, и измеритель расхода кислорода (в литрах в минуту), соединенный каналом с камерой редуктора. Оба измерителя имеют конструкцию Бурдона, обычного промышленного типа. Светящиеся шкалы и стрелки позволяют делать отчет в темноте.

Регенеративный патрон «P» имеет довольно значительные размеры. Вес его около 3,85 килогр. в то время, как патроны других аппаратов, рассчитанных на такую же работу (напр., Дрегера), имеют вес около 2,5 килогр.

Внутренность патрона разделена сетчатыми перегородками, между которыми помещаются зерна каустической соды, и воздух, проходя через патрон, разделяется на мелкие струи.

Дыхательный мешок «f» v-образной формы, объемом около 6 литров, помещается на спине работающего. Верхняя крышка его сделана из дюралюминия, с целью защитить мешок от повреждений; кроме того, она способствует охлаждению вдыхаемого воздуха и своим весом создает избыточное давление в мешке. Все части аппарата укреплены на раме «F» из стальных (аэропланных) труб, диа-

метром 1", по этим же трубам происходит циркуляция воздуха от вдыхательного клапана «V₁» к регенеративному патрону и далее к дыхательному мешку. По выходе из патрона регенерированный воздух смешивается с кислородом у канала «D» и поступает через отверстие «A» в дыхательный мешок, откуда он при вдыхании через клапан «V₂» и шлангу «T» подводится к мундштуку. «U» — клапан для выпуска избытка воздуха.

Аппарат в собранном виде весит 13,1 килогр.

Отмечая оригинальную конструкцию отдельных частей аппарата, нужно признать, что в целом он обладает и недостатками: это громоздкость его и значительная длина дыхательных путей. При диаметре труб «F» 1" и общей длине их более 1 метра, принимая во внимание значительное число закруглений, сопротивление движению выдыхаемого воздуха в аппарате будет весьма значительно. Так, по данным Бриджа²⁾ уже при равномерном продувании воздуха через аппарат в количестве 85 литр. в минуту (скорость движения воздуха по трубам «F» будет 1,7 метра в сек.) сопротивление всей системы аппарата равно 43 мил. водяного столба.

В легочно-силовом аппарате Дрегера мод. 1921 года, как показано на схеме стрелками (рис. 6), выдыхаемый воздух, пройдя через распределительную коробку, регенеративный патрон «P» и холодильник «K», поступает в ды-

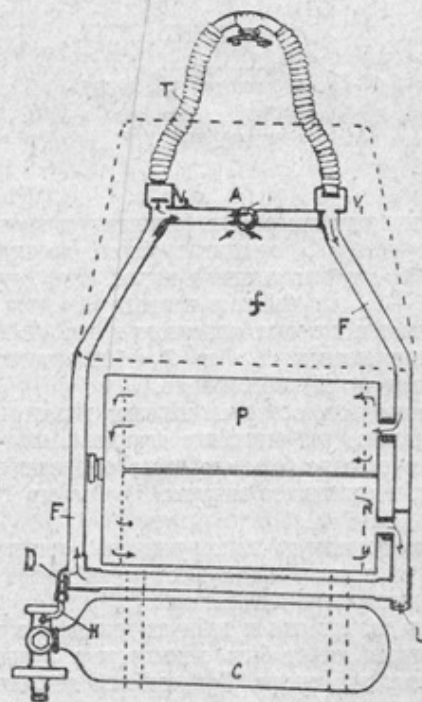


Рис. 5.

хательный мешок «A», и при вдыхании через клапан «O», по шлангу «L», в рот работающего. Кислород из цилиндра «C» (емкостью 2 литра воды) поступает в редукционный вентиль «R», из которого выходит через дозирующее отверстие в количестве 2 литра в минуту, смешиваясь в холодильнике с регенерированным воздухом и поступает далее в дыхательный мешок. Последний прикрепляется к поясу работающего с левой стороны, вмещает 7 литров воз-

²⁾ „Second Report of the Mine Rescue Apparatus Research Committee“, стр. 52—53, Лондон, 1920 г.

духа и снабжен стальными перьями «Е», сообщающим ему упругость, вследствие чего во всей системе устанавливается положительное давление. Аппарат снабжен объединенным патроном Дрегерера «Р». Флиниметр «F» и бай-пасс вентиль «D» помещаются спереди на поясе работающего и присоединены к кислородному цилиндру помощью двойной гибкой металлической трубки, внутренняя часть кото-

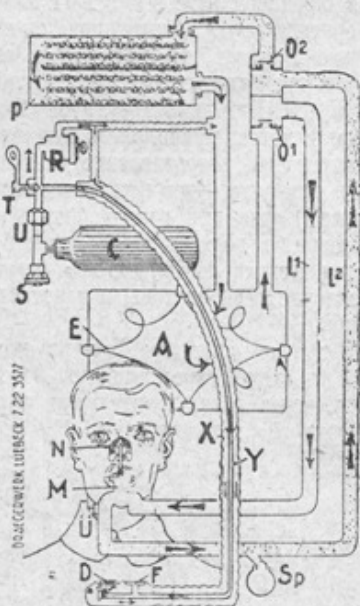


Рис. 6.

рой «Y» подводит кислород к флиниметру и кножке «D», а наружная часть «X» отводит кислород, прошедший через бай-пасс «D», в дыхательный мешок. На случай порчи трубки «X—Y» или бай-пасс вентиля «D», вся эта система выключается помощью запорного крана «Т». Сдвоенные дыхательные шланги «L₁» и «L₂» помещаются с левой стороны, под рукой работающего.

Неудобство бокового расположения дыхательного мешка, значительное сопротивление движению воздуха внутри аппарата и наличие большого числа соединений, являются недостатками описанного аппарата³⁾. Вес его 16,3 килогр. килогр.

Что же достигнуто конструкциями легочно-силовых респираторов и какие преимущества они имеют по сравнению с инжекторными аппаратами?

Степень разрежения и избыток давления в этих аппаратах частично может быть меньше, чем в инжекторных, но не совсем исключены. При особенно усиленной работе, в возбужденном состоянии, работающий должен сильно легким протолкнуть через систему шланг, трубок и патрон 75—100 литров воздуха в минуту. Если принять во внимание, что период выдыхания будет длиться при этом всего около 22—25 секунд, то при прохождении воздуха в дыхательной системе аппарата, при диаметре трубок в 1" (аппарат Бриджа), скорость движения воздуха может возрасти до 6—8 метров в секунду. Если при такой скорости движения воздуха учесть сопротивление всех шланг, трубок, соединений их, прибавить сопротивление регенеративного патрона и инерцию массы воздуха, заключенного в этих частях, то избыток давления в аппарате, который придется преодолеть силой легких, будет весьма значительным.

Так, например, в однокамерном аппарате «Иххабд»,

имеющем, по сравнению с аппаратами Бриджа и Дрегер более короткий путь движения воздуха, при объеме одного выдыхания в 2,9 литра, общее сопротивление равно 149 мм. водяного столба, а при выдыхании за один раз 3 литра в аппарате создается столь большой избыток давления, что работающий не может его преодолеть.

В аппарате Дрегерера мод. 1921 г., сопротивление так велико и может достигнуть при усиленном дыхании до 14 (и даже больше) мм. водяного столба. При столь большом избытке давления внутри аппарата возможна утечка воздуха через неплотности в соединениях и незначительные повреждения; в таком случае в период входа в аппарат может создаться весьма значительное разрежение, при котором работающий может отравиться засасываемыми с наружным воздухом газами или задохнуться от недостатка воздуха.

При нормальной работе с потреблением 40—60 литров свежего воздуха в минуту дыхание в этих аппаратах не будет тяжелее, чем в инжекторных аппаратах, где тем же при этих условиях нужно преодолеть сравнительно незначительное сопротивление.

При усиленном дыхании, когда потребление кислорода может возрасти до 3,5 литров в минуту, а нормальная доза кислорода через дозирующее отверстие будет 2 литра в минуту, запаса кислорода в мешке, при объеме его даже в 10 литров, может хватить только на 6 минут.



Рис. 7.

Далее работающему придется или прекратить работу пока дыхательный мешок снова не наполнится, или прибегать к помощи бай-пасс вентиля. Условия работы в углубленной атмосфере при спасении погибающих или при самоспасании могут быть таковы, что работающий не только не сможет остановиться, но даже забудет про существование бай-пасс вентиля, или, манипулируя им в возбужден-

³⁾ См. также В. Гриндлер „Об усовершенствовании спасательных аппаратов“ Тех. Сб. Хоз. Донбасса, 1923 № 3, стр. 62—68.

ом состоянии, он преждевременно израсходует весь запас кислорода. Если прибавить к этому необходимость иметь приток с возможно меньшим сопротивлением, что при ограниченных размерах его может повести к не вполне совершенной регенерации выдыхаемого воздуха, то нужно признать, что описанные конструкции респираторов оставляют желать лучшего.

Отсутствие практических данных о всех этих аппаратах не позволяет, однако, сделать окончательное заключение.

Сторошники безыжекторных аппаратов указывают на возможность продолжительного пребывания в таких респираторах в удушливой атмосфере, когда работающий в силу каких-либо обстоятельств (обвал, ушибы и пр.) приходится ожидать продолжительное время помощи. Идясь в таком случае в покое и потребляя незначительное количество кислорода, он может экономить запас пошедшего, закрыв вентиль кислородного баллона и открыв его (или бай-пасс вентиль) по мере надобности на большой промежуток времени для пополнения запаса кислорода в мешке.

Однако, если учесть все обстоятельства, при которых

работающий будет находиться в таких случаях и его состояние при этом (возбуждение, растерянность и пр.), то трудно рассчитывать на практическую возможность такого предположения. Допуская даже возможность регулирования притока кислорода от руки, мы должны указать в таком случае на значительную опасность для работающего, когда он, пользуясь бай-пасс вентилем, может незаметно, даже скорее израсходовать запас кислорода; с другой стороны, он может впасть в противоположную крайность и дышать продолжительное время воздухом с малым содержанием кислорода. Как показали опыты, при недостатке кислорода во вдыхаемом воздухе человек может незаметно для самого себя впасть в обморочное состояние и даже погибнуть, не отдавая себе отчета в ненормальности своего дыхания.

Эти соображения показывают, что только автоматическое регулирование притока кислорода самими легкими может иметь практическое значение.

(Окончание следует).

Горн. инж. А. Гармаш.