

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

---

ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЭРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

*газообмен*

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ВЫПУСК 17



---

ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ (ОТДЕЛЕНИЕ)

Москва—1956

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

---

*ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЭРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ*

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ВЫПУСК 17



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО (ОТДЕЛЕНИЕ)

---

Москва - 1956

Одобрены Авиационно-Аэрологическим  
управлением ГУГМС



## УКАЗАНИЯ ПО ОБЛЕГЧЕНИЮ ДОБЫВАНИЯ ВОДОРОДА ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

(Одобрены Методической комиссией ЦАО 13/VI 1955 г., протокол № 6)

### Введение

Гидрометеорологические пункты, производящие выпуски шаров-пилотов и радиозондов, пользуются водородом, добываемым на месте с помощью газогенератора АВГ-40. Газогенератор при этом выполняет две функции: реактора, в котором при высокой температуре и давлении производится химический процесс образования водорода, и сосуда, способного длительное время хранить добытый в реакторе водород. Такое сочетание функций газогенератора на практике ведет к трудностям с его чистой особенно в зимних условиях и к утечке газа при длительном его хранении. Последнее обстоятельство объясняется тем, что резиновая прокладка, подвергаясь значительным колебаниям температуры, теряет свою эластичность при низких температурах и тем самым нарушает герметичность баллона.

При перепуске водорода во время реакции при высоком давлении из газогенератора в оболочку газ выходит без заметной примеси водяного пара даже в сильные морозы. Примесь водяного пара увеличивается по мере снижения давления в реакторе и повышения температуры всего баллона. Как только давление в газогенераторе становится близким к давлению насыщенного водяного пара при соответствующей температуре баллона, начинается обильное выделение водяного пара при кипении раствора (при температуре 250° давление насыщенного пара равно примерно 40 атмосфер). Если не допустить давление внутри реактора ниже 30—40 атмосфер (прекратив перепуск водорода), то оболочку можно наполнить водородом с весьма ничтожным количеством водяного пара. Для того, чтобы очистить водород от водяного пара, улучшить условия его хранения и облегчить чистку газогенератора, рекомендуется перепускать водород, по крайней мере, в два запасные водородные баллона. Подавляющее количество водорода перепускается под высоким давлением в первый запасный водородный баллон. Затем остаток водорода в газогенераторе под меньшим давлением перепускается во второй запасный баллон. Газогенератор после этого легко очищается в теплом и даже горячем состоянии,

а добытый компримированный водород хорошо сохраняется в водородных баллонах ввиду их высокой герметичности.

Настоящие Методические указания разработаны в ЦАО по просьбе Авиационно-Аэрологического управления ГУГМС. При разработке данных «Методических указаний» были учтены результаты экспериментальных работ, поставленных в феврале—марте 1955 г. в ЦАО, в Якутской и Иркутской научно-исследовательских геофизических обсерваториях. Были обобщены некоторые материалы прошлых лет по газодобычанию. Изучая и обрабатывая весь полученный материал, удалось выяснить количественную роль отдельных реагентов (едкого натра, ферросилиция и воды), участвующих в реакции, найти зависимость промежутка времени с момента зарядки до начала реакции от средней температуры раствора внутри заряженного газогенератора, найти весьма элементарный, но достаточно точный способ определения максимальной температуры реактора. Все это позволило обосновать целесообразность применения несколько увеличенной нормы закладки химикатов. Увеличение нормы закладки химикатов приводит к сокращению количества зарядок на шаропилотном пункте в два раза. При этом основные правила по технике безопасности не нарушаются.

### 1. Материалы и оборудование

К имуществу, положенному по таблице для шаропилотных пунктов, производящих добычу водорода с помощью газогенератора АВГ-40, добавляются два запасных водородных баллона и два бронированных гибких шланга высокого давления «РВД-1» длиной 1,90 м с накидными гайками на обоих концах (рис. 1). Для пунктов

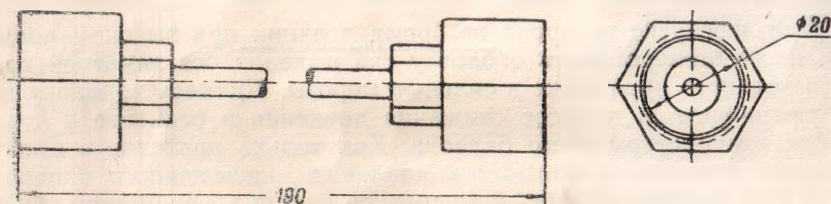


Рис. 1. Бронированный гибкий шланг «высокого давления» «РВД-1» с накидными гайками на концах для перепуска водорода из газогенератора в баллоны.

радиозондирования необходимо четыре запасных водородных баллона, коллектор и 5 бронированных шлангов высокого давления.

Коллектор (рис. 2) представляет собой отрезок латунной трубы с пятью штуцерами для присоединения к нему четырех запасных баллонов и газогенератора. Коллектор снабжается манометром и вентилем для перепуска газа в оболочку. Если один из четырех запасных баллонов выйдет из строя, то соответствующее отверстие в коллекторе закрывают глухой гайкой. При отсутствии



глухих гаек можно заглушить отверстие, поставив под гайку соответствующего шланга круглую медную пластинку.

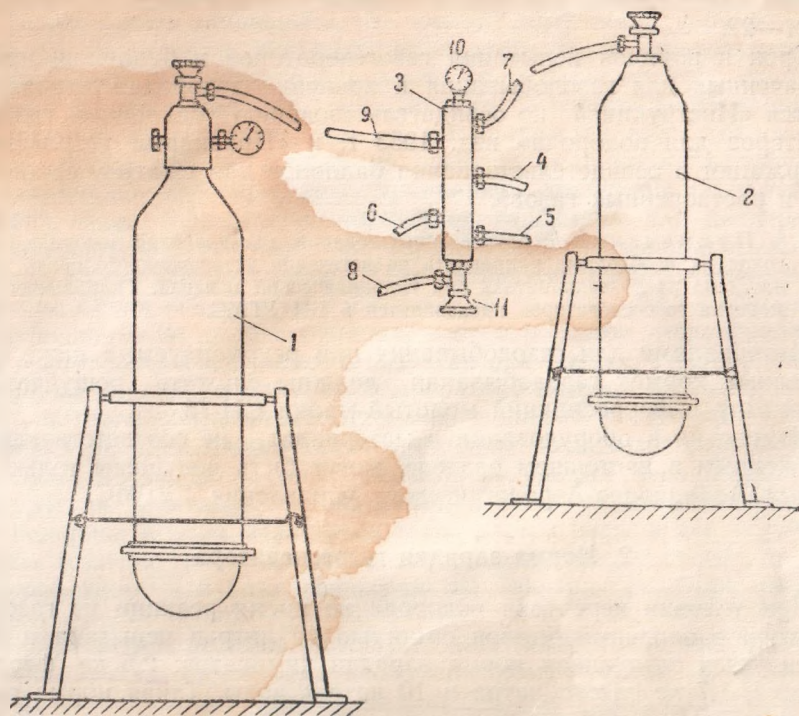


Рис. 2. Газогенератор, запасный баллон и коллектор для перепуска водорода: 1 — газогенератор; 2 — один из запасных баллонов; 3 — коллектор; 4, 5, 6 и 7 — шланги для подсоединения к запасным баллонам; 8 — шланг для наполнения оболочки; 9 — шланг для подсоединения газогенератора; 10 — манометр коллектора для измерения давления в наполняемых баллонах; 11 — вентиль коллектора для наполнения оболочек.

Бронированные гибкие шланги изготавливаются нашей промышленностью с накидными гайками на обоих концах для присоединения водородных баллонов к коллектору. Резьба накидных гаек, присоединяемых к баллонам — левая, а навинчиваемых на коллектор — правая. Для шаропилотных пунктов, при отсутствии коллектора, необходимы гибкие шланги с гайками левой резьбы на обоих концах для присоединения вентильного штуцера водородного баллона к такому же штуцеру на газогенераторе.

Запасные баллоны желательно устанавливать на таких же подставках, как и газогенератор. Такая установка позволит без особых усилий наклонять их для удаления накопившейся воды от конденсации водяного пара, поступающего из газогенератора в баллон при перепуске водорода. В качестве запасных баллонов могут быть использованы обычные водородные баллоны (или газогенераторы).

Правила обращения с запасными баллонами остаются те же, что и для обычных водородных баллонов, изложенные в «Наставлении по обеспечению водородом гидрометеорологических станций» §§ 21—22.

Срок и порядок испытания газогенераторов и баллонов, предназначенных для газодобывания и хранения водорода, устанавливаются «Инструкцией по освидетельствованию баллонных газогенераторов для водорода» изд. 1953 г. и «Правилами устройства, содержания и освидетельствования баллонов для сжатых, сжиженных и растворенных газов».

Примечание. В случае использования для хранения водорода баллонов их необходимо направлять по истечении установленного срока годности на завод-наполнитель для гидравлической поверки. Гидравлическая поверка газогенераторов производится в БП УГМС.

Материалами для газодобывания при рекомендуемых ниже повышенных нормах газодобывания должны служить чешуйчатый едкий натр и ферросилиций молотый марки СИ-75.

Изменения в оборудовании и материалах, не соответствующие изложенным в настоящем разделе, могут быть допущены только с ведома Авиационно-Аэрологического управления ГУГМС.

## 2. Норма зарядки газогенератора

При условии перепуска водорода во время реакции из газогенератора в запасный баллон емкостью 40 литров испытана и рекомендуется следующая норма зарядки химикатов: 2,5 кг ферросилиция, 1,7 кг едкого натра и 10 литров воды. Такая норма развивает максимальное давление в реакторе, не превосходящее 80 атмосфер, и дает максимум 2,8 м<sup>3</sup> водорода. В зависимости от температуры наружного воздуха температура воды должна удовлетворять следующим условиям: при положительных температурах воздуха вода берется с температурой не ниже 15°C (комнатная). В условиях отрицательных температур воздуха до —30°C вода подогревается до 40—50°C. При температурах воздуха от —30° до —50°C вода должна быть подогрета до 70—90°. Если в действительных условиях окажется нагрев воды до 90° недостаточным для возбуждения реакции, то необходимо перейти к предварительному прогреву газогенератора путем наливания в него горячей воды. Затем горячая вода сливается и производится зарядка газогенератора в обычном порядке. Температура воды играет существенную роль в одновременном возбуждении реакции. Опыты показали, что если внутри реактора средняя температура будет менее 25—30°C, то реакция в зимних условиях не наступает. При средней температуре около 40°C реакция наступает, примерно, через 10 мин., а при 50°C — через 5 мин. после закладки химикатов. Время начала реакции условно считается от момента, когда стрелка манометра трогается с места. Стрелка манометра начинает свое движение, примерно, с 10 атмосфер, следовательно, реакция в действительности начинается раньше, чем мы отмечаем ее с помощью манометра



Не рекомендуется производить какие-либо отступления от указанных норм химикатов, так как это может привести к весьма нежелательным последствиям. Так, например, увеличение только нормы ферросилиция приводит к увеличению количества добываемого водорода, выделению большого количества тепла от реакции и, следовательно, увеличению давления в газогенераторе; поэтому количество ферросилиция должно быть строго дозированным. Уменьшение против указанной нормы количества воды также является весьма нежелательным. В процессе реакции на выделение 1 м<sup>3</sup> водорода по химическому уравнению требуется 804 г воды. Избыток воды против этого количества необходим для поддержания концентрации раствора, благоприятствующей реакции и облегчающей чистку газогенератора. При выделении одного кубического метра водорода выделяется 2520 ккал. тепла. Это тепло в основном распределяется на нагрев баллона, нагрев раствора, парообразование, теплоотдачу и излучение в окружающий воздух. Рекомендованная норма дает максимальную температуру нагрева баллона около 250°С, которой соответствует давление водяного пара около 40 атмосфер. При уменьшении количества воды происходит распределение тепла на меньшую массу воды, в результате чего возрастает температура реактора, следовательно, и максимальное давление в нем водорода и пара. Излишек против нормы воды ведет к уменьшению температуры и давления внутри реактора, несмотря на то, что свободное для газа пространство внутри реактора уменьшается.

Едкий натр в реакции участвует, повидимому, как катализатор, поэтому изменение его в количественном составе в пределах  $\pm 15\%$  существенного влияния на количество получаемого водорода не оказывает, если при этом соблюдены начальные температурные условия внутри реактора. Дальнейшее увеличение нормы ферросилиция не рекомендуется. Уменьшение количества ферросилиция на 100—200 г допускается, если в этом окажется необходимость.

### 3. Зарядка газогенератора

Успех в газодобычании зависит от тщательности и аккуратности подготовки к процессу газодобычания. Подготовка к газодобычанию заключается в следующем. Газогенератор и запасные баллоны должны быть установлены таким образом, чтобы гибкий шланг без каких-либо усилий мог присоединиться к газовыпускному штуцеру вентиля в любом его направлении после навинчивания головки.

Все каналы, по которым должен следовать водород из газогенератора в запасный баллон, должны быть прочищены и продуты. Порции химикатов отвешены, гибкий шланг присоединен к запасному баллону; резиновая прокладка, находящаяся в головке газогенератора, должна быть в надлежащем состоянии. Необходимые инструменты — гасные ключи, воронка, деревянный штырь — должны лежать поблизости.



Зарядка газогенератора заключается в последовательном введении внутрь реактора через одну и ту же воронку приготовленных порций едкого натра, воды, ферросилиция. После этого навинчивается головка газогенератора и к штуцеру вентиля присоединяется гибкий шланг, идущий от запасного баллона. Открывается вентиль запасного баллона. Вентиль газогенератора открывается после того как стрелка манометра приходит в движение. Параграф 48 «Наставления по обеспечению водородом гидрометеорологических станций» изд. 1948 г., требующий выпуск первых порций водорода в атмосферу в целях удаления воздуха из реактора, при применении настоящей методики перепуска водорода в запасные баллоны не применяется. Вентили газогенератора и баллона открываются полностью в первый период бурной реакции. С замедлением роста давления полезно прекратить перепуск на некоторое время, выждав за это время накопление газа в реакторе. Открыванием вентиля газогенератора на короткий период времени поддерживается давление в реакторе на уровне 60—70 атмосфер. После полного прекращения роста давления производится выравнивание давления в системе, и на этом прекращается перепуск водорода в первый запасный баллон. По данным испытаний уравнинное давление составляет около 60 атмосфер. После наполнения первого баллона конец гибкого шланга отключается от него и навинчивается на штуцер вентиля второго запасного баллона. Реактор в это время полезно покачать для того, чтобы размешать содержащиеся в нем реагенты. Перепуск водорода во второй запасный баллон производится до тех пор, пока не появится обильное выделение водяного пара при кипении раствора. Внешними признаками кипения служат: сильный нагрев шланга вентиля второго запасного баллона, а также приостановка на некоторое время снижения давления в реакторе при открытом вентиле. Большое количество пара, образующегося при кипении, восстанавливает утечку водяного пара во второй баллон, где он конденсируется в воду, не повышая давления в нем водорода. На этом процесс перепуска водорода заканчивается. Во втором баллоне оказывается водород под давлением около 30 атм, небольшое количество водяного пара и сконденсировавшаяся или замерзшая вода. В газогенераторе при температуре около 200—250 градусов остается в основном водяной пар с давлением около 30 атмосфер и небольшое количество водорода. Вентили баллона и газогенератора закрываются. Шланг отсоединяется. Газогенератор без большого промедления, пока он еще горячий, подготавливается к чистке.

Водяной пар, попадая в запасные водородные баллоны (особенно во второй), при низкой температуре баллона конденсируется в воду. Накопление воды или зимой, льда внутри баллона может привести к постепенной загрузке всего его объема, если на это не обратить никакого внимания.

Необходимо, примерно, один раз в неделю выливать накопившуюся воду из баллонов.

Для этого достаточно наклонить баллон вниз горловиной, затем

открыть вентиль и вся вода быстро будет вытеснена давлением газа. Как только начнет выходить водород — нужно вентиль быстро закрыть.

Учитывая, что выход воды происходит под давлением, необходимо соблюдать осторожность, не становиться против выходного отверстия вентиля.

В зимний период, когда вода в баллонах замерзнет, освободиться от нее возможно лишь сразу после перепуска водорода и при том только из второго запасного баллона, в котором лед может быть растоплен тем, что при перепуске остатка водорода из газогенератора в баллон впускается и горячий водяной пар. Лед горячим паром расплавляется и вода сливается указанным выше способом.

После освобождения баллона от воды необходимо быстро закрыть вентиль и повернуть баллон в нормальное положение, иначе оставшиеся капли воды в виде льда могут закупорить узкие каналы для выхода водорода. При следующем газодобытии необходимо поменять местами номера запасных баллонов. Если в одном из запасных баллонов накопится много замерзшей воды, от которой не удастся освободиться описанным выше способом, то его следует заменить другим баллоном. Баллон с замерзшей водой с остаточным давлением газа не выше 10 атмосфер следует хранить до теплого времени года. Когда лед в баллоне растает, баллон следует наклонить вниз горловиной, открыть вентиль и вода под давлением остаточного газа быстро выйдет из баллона.

При условии использования коллектора, к которому присоединяются четыре запасных баллона, наполнение производится несколькими последовательными зарядками газогенератора. Сначала наполняется до давления 60 атмосфер первый запасный баллон. При этом вентили остальных баллонов должны быть закрыты. Оставшийся газ выпускается во второй баллон до давления 30 атмосфер, второй зарядкой наполняется третий запасный баллон и частично четвертый. Третьей зарядкой наполняются второй и четвертый баллоны, причем одновременно открываются вентили обоих баллонов. Остаток газа в реакторе перепускается в оболочку. В баллонах, используемых для хранения водорода, при наполнении оболочек следует оставлять небольшое остаточное давление газа (примерно 0,5 атмосфер). При этом манометр должен стоять на нуле, а на слух при кратковременном открывании вентиля должно прослушиваться шипение.

#### **4. Чистка газогенератора**

Для облегчения труда при чистке газогенератора следует использовать физические законы кипения раствора. Кипение становится возможным тогда, когда упругость насыщенного пара над раствором становится равной или большей давления, существующего в пространстве над жидкостью. Давление в закрытом газогенераторе складывается из порционного давления водорода и порционного давления насыщенного водяного пара. При этом давление над жид-



костью обычно больше, чем давление насыщенного водяного пара при температуре раствора. Кипения в этом случае не будет. При открытом вентиле давление в газогенераторе падает и начинается бурное кипение раствора. Перед чисткой выгодно вызвать кипение для того, чтобы в процессе бурного кипения жидкости раздробить в ней более плотные сгустки и даже спекшиеся комки ферросилиция.

Высокая температура силикатной массы, при которой спекшиеся куски ферросилиция находятся в размягченном виде, способствует их раздроблению при кипении раствора.

Поэтому разрядку газогенератора рекомендуется производить следующим способом. После окончания реакции. дать свободный выход водяному пару в воздух, приоткрыв вентиль головки газогенератора. При уменьшении давления по манометру до 10—15 атмосфер следует закрыть вентиль и начать охлаждение реактора водой или снегом. По мере охлаждения следует периодически приоткрывать вентиль газогенератора на короткое время. Когда выброс водяного пара через вентиль прекратится, можно прекратить охлаждение. После этого следует открыть вентиль полностью и выравнять давление с наружным воздухом. Затем при открытом вентиле, после того как давление в реакторе сравняется с давлением наружного воздуха, головка отвинчивается. Не рекомендуется производить охлаждение реактора водой или снегом в процессе газодобывания, или сразу же после перепуска газа во второй запасный баллон. Это ведет к образованию так называемого «козла», затрудняющего чистку газогенератора. Не рекомендуется также производить охлаждение реактора только выпуском водяного пара через вентиль. При резком уменьшении давления в газогенераторе ниже 10 атмосфер, когда он еще горячий, значительная часть воды может выкипеть, и при дальнейшем бурном кипении начнется выброс твердых частиц шлама и засорение капалов вентиля.

Чистка реактора производится следующим образом. В реактор вливается ведро воды и содержимое размешивается деревянным штырем. После этого отверстие плотно закрывается деревянной пробкой и баллон переворачивается вниз горловиной. Через 2—3 минуты пробка выбивается и реактор освобождается от шлама. После этого реактор промывается и в опрокинутом виде оставляется до следующего газодобывания.

## 5. Техника безопасности

Техника безопасности при описанном выше способе газодобывания остается прежней, как и при обычном газодобывании. В основном должны быть соблюдены условия обращения с предохранительной пластинкой. Манипуляции с перепуском газа требуют некоторой сноровки для того, чтобы уложиться в нормы максимального давления, близкого к 100 атмосферам. Отступление от норм давления в сторону его завышения приведет к вскрытию предохранительной пластинки и к необходимости повторной зарядки газогенератора.



При газодобыывании следует быть осторожным в обращении с едким натром, и не находиться во время реакции против предохранительной пластинки. При вскрытии предохранительной пластинки не следует поддаваться панике. Необходимо открыть настежь двери газогенераторного помещения, выждать полную саморазрядку газогенератора и начинать газодобыывание заново. При самовозгорании струи водорода (что наблюдается весьма редко) необходимо без суетливости направить струю газа в безопасное в пожарном отношении направление и погасить огонь, закрыв вентиль. После вскрытия предохранительной пластинки или самовозгорания струи газа никакая уже опасность не предвидится. Не рекомендуется оставлять заряженный газогенератор без надзора. Необходимо дожидаться начала реакции, во-время открыть вентили для перепуска и проследить за всем ходом реакции. При полной уверенности в том, что все сделано так, как полагается по «Наставлению» и настоящим «Указаниям», никакая опасность не предвидится. Не допускается проведение каких-либо экспериментов, направленных на увеличение нормы добываемого водорода или повышения давления и температуры в реакторе.

---

Редактор В. Д. Решетов Техн. ред. В. В. Майоров Корректор Н. И. Рыжкова

Т00017 Сдано в набор 27/XII 1955 г. Подписано к печати 16/I 1956 г.

Изд. № 148 Индекс М-М-148 Бумага 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub> Печ. л. 0,75 Уч. изд. л. 0,65

Заказ № 3015

Бесплатно

Тираж 2000

1-я типо-литография Гимиз, Москва, Измайловское шоссе, 42.