

Открытое акционерное общество "Газпром"

Общество с ограниченной ответственностью

**"Информационно-рекламный центр газовой промышленности"
(ООО "ИРЦ Газпром")**

**Материалы Научно-технического совета
Открытого акционерного общества "Газпром"**

**ОБ ОСНОВНЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ
ПО РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ
ПО УПРАВЛЕНИЮ КОНТРОЛЕМ
КАЧЕСТВА ГАЗА**

Москва, октябрь – ноябрь 2000 г.

Москва 2001.

ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИБОРОМ "КОНГ-Прима-2"

*Деревягин А.М., Степанов А.Р., Селезнев С.В., Агальцов А.Г.
(ЗАО "НПО "Вымпел")*

Особые свойства природного газа – многокомпонентной среды с переменным составом - и условия технологических режимов его подготовки, транспорта и хранения существенно усложняют измерение влажосостояния в сравнении с классической задачей измерения влажности однокомпонентных и чистых сред.

Основными осложняющими факторами являются следующие:

способность водяного пара, содержащегося в природном газе, испаряться и конденсироваться с различной скоростью в зависимости от сочетания меняющихся термодинамических параметров;

способность некоторых естественных компонентов газа (высших и ароматических углеводородов) испаряться и конденсироваться в тех же условиях, что и водяной пар. При этом требуется отдельно измерять температуру точки росы по воде T_{TP_v} и по углеводородам T_{TP_y} ;

содержание в газе технологических примесей, в том числе и водорастворимых, присутствие которых приводит к смещению условий гидродинамического равновесия в системе "вода – водяной пар";

наличие масляных аэрозолей, парафинов и механических примесей, загрязняющих элементы измерительных трактов приборов.

По вышеизложенным причинам не удавалось найти в течение многих лет как отечественным, так и зарубежным разработчикам и производителям приборной продукции удовлетворительного решения при создании приборов, тем более автоматических, достоверно измеряющих температуру точки росы по воде и высшим углеводородам российского природного газа.

Еще одна трудность при измерении и технологическом поддержании заданной температуры точки росы заключается в смешении газовых потоков с различным влагосодержанием.

Рассмотрим следующий пример.

Происходит смешение потоков газа от двух контуров осушки газа с помощью ДЭГа в абсорберах. Давление газа – 6,86 МПа (70 кгс/см²).

Один контур работает в оптимальном режиме при расходе газа Q м³/ч, ТТР_в на его выходе составляет -20 °С. Влагосодержание газа по номограмме "Равновесное содержание паров воды в системе "природный газ – вода" соответствует в этом случае 27 мг/м³.

Второй контур работает на пониженном от оптимального значения расходе газа, равном $1/3 Q$ м³/ч. В данном случае при подаче одинакового расхода ДЭГа на оба абсорбера газ во втором абсорбере должен осушаться лучше.

На практике отклонение от оптимального значения расхода газа через абсорбер в большую или меньшую сторону приводит к ухудшению степени осушки. Подтверждение тому приведено на рисунке, где зафиксированы результаты промышленных испытаний модернизированного гликолиевого абсорбера разработки ЦКБН на Елшанской СПХГ в ноябре 1999 г.

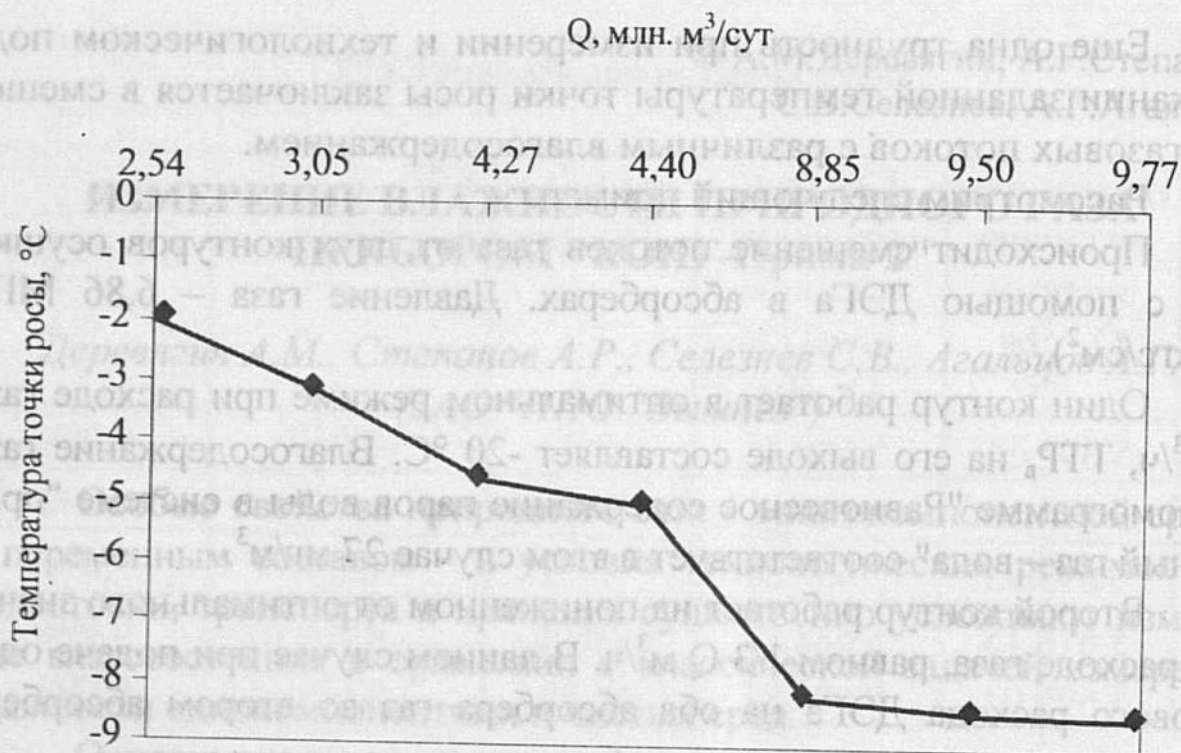
Предположим ТТР_в на выходе второго абсорбера составляет -10 °С. Влагосодержание при этом равно 60 мг/м³. Когда происходит смешение потоков, влагосодержание будет составлять 35 мг/м³, а ТТР_в - равняться -16 °С вместо нормативного значения -20 °С.

Аналогичная картина наблюдается в случае смешения газовых потоков при транспорте газа.

Наличие воды или водометанольного раствора в трубопроводе также ухудшает качественные показатели газа.

Рассмотрим еще один пример.

В трубопровод диаметром 1 200 мм (площадь поперечного сечения 1,13 м²) и длиной 1 000 км со значением давления газа 6,86 МПа (70 кгс/см²) попал 1 м³ воды (1 000 000 000 мг), пары которой поглотятся в 79 000 000 м³ газа (1 130 000 м³ · 6,86 МПа; или 1 130 000 м³ · 70 кгс/см²).



Зависимость изменения температуры росы
от производительности абсорбера

Если температура точки росы поступающего в трубопровод газа составляла -20°C , то в данном количестве газа должно содержаться $2\,130\,000\,000$ мг воды. Растворенный 1 м^3 воды доведет влагосодержание до $3\,130\,000\,000$ мг. По вышеназванной номограмме $\text{ТТР}_в$ в этом случае повысится до -13°C , а шлейф некондиционного газа растянется более чем на $1\,000$ км.

Приведенные выше соображения по ухудшению кондиционности природного газа относятся к технологическим проблемам. Однако поиски выхода из создавшегося положения часто осуществляются в сфере измерения качественных показателей, в том числе и влажности газа, особенно если ограничения по технологии или возможностям оборудования не позволяют исправить ситуацию.

Впервые в России разработан и серийно выпускается фирмой "Вымпел" автоматический конденсационный гигрометр для работы в потоке реального природного газа "КОНГ-Прима-2", обеспечивающий более высокую достоверность и точность измерения по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами.

Прибор сертифицирован в России (сертификат № 1538) и в Германии (сертификат РТВ № Ex-98.1016). Гигрометры "КОНГ-Прима" прошли контрольные, сравнительные и промышленные испытания с получением положительных результатов в семи российских и германских фирмах.

В газовой промышленности России и за рубежом эксплуатируется более двухсот этих приборов. Согласно решениям по выполнению отраслевой "Программы повышения качества добываемого, транспортируемого и поставляемого на экспорт российского природного газа" данный гигрометр признан основным средством измерения влажности.

Найденные разработчиками прибора "КОНГ-Прима" принципиальные, конструктивные и технологические решения позволили ликвидировать большинство недостатков, присущих отечественным и зарубежным измерителям влажности природного газа.

К его преимуществам относятся следующие:

- автоматическое формирование первичной информации по принципу нарушения полного внутреннего отражения светового сигнала и преобразование ее в видео- и унифицированный (4-20 мА или цифровой) сигналы;

- реализация внешнего выходного сигнала 4-20 мА для гигрометра "КОНГ-Прима-2" и цифрового для усовершенствованного гигрометра "КОНГ-Прима-4", обеспечившая возможность передачи информации на верхний уровень, ее архивирование, графическое отображение во времени (тренд) и документальную распечатку;

- возможность установки гигрометра непосредственно на газопроводе и соответственно измерения ТТР реального газового потока при рабочем давлении;

- отсутствие пробоотборного устройства в его классическом исполнении (с фильтрами, трубопроводной обвязкой, средствами снижения давления и т. п.), искажающего в той или иной степени реальное состояние газового потока;

- предельная миниатюризация оптоволоконного чувствительного элемента и соответственно охладителя и нагревателя, уменьшившая материалоемкость, массу и габариты прибора при сохранении лучших среди приборов-аналогов чувствительности и дина-

мических характеристиках измерения. Это позволило осуществить селекцию температуры точки росы по воде и углеводородам;

быстрый нагрев чувствительного элемента до температуры +55 °С, обеспечивающий гарантированное очищение оптоволоконного преобразователя от пленки конденсата за весьма короткое время (не более 4 мин);

реализация контакта природного газа с чувствительным элементом с помощью формирования диффузионной зоны, снизившая до минимума возможность загрязнения чувствительного элемента капельными и твердыми включениями газового потока, а также отложениями "тяжелых" углеводородов в жидкой и твердой фазе;

включение в конструкцию прибора крана-отсекателя от газопровода с высоким давлением, минимизировавшее затраты времени на демонтаж прибора для профилактических работ, калибровки и поверки;

использование микрокомпьютера в целях управления процессом измерения ТТР и анализа информации, повысившее достоверность результатов измерений, а также обеспечившее различение температуры точки росы по углеводородам и по воде, в том числе когда TTR_y выше TTR_v ;

параллельные разработка и освоение производства поверочного комплекса "КОНГ". В результате этого с 1998 г. исключены проблемы, связанные со сложностью калибровки и поверки гигрометров.

Прибор "КОНГ-Прима-2" имеет несколько модификаций (исполнений):

в исполнениях КРАУ2.844.001, КРАУ2.844.001-01, КРАУ2.844.001-03 предназначен для стационарной установки непосредственно на трубопроводе;

в исполнениях КРАУ2.844.001-02, КРАУ2.844.001-04 оборудован проточным газоподводом и может использоваться как в стационарном, так и в переносном вариантах;

в исполнении КРАУ2.844.001-05 оборудован проточным газоподводом.

Датчик прибора отличается дополнительной степенью охлаждения и повышенной прочностью фланцевых соединений. Он служит для измерения низких концентраций паров воды при вы-

соких значениях давления, например на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях.

Гигрометры "КОНГ-Прима-2" постоянно совершенствуются с учетом опыта эксплуатации.

Одновременно с этим на фирме "Вымпел" закончена разработка гигрометра нового поколения. В настоящее время после выполненного этапа государственных испытаний, которые проводились во Всероссийском научно-исследовательском институте физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ), осуществляется процесс регистрации прибора в Госстандарте России, после чего планируется освоение его серийного производства. Финансирование работы велось из собственных средств фирмы, что, к сожалению, не дало возможность обеспечить более высокие темпы разработки.

Гигрометр "КОНГ-Прима-4" обладает более высоким интеллектом по сравнению с прибором "КОНГ-Прима-2", что позволяет с его помощью измерять температуру точки росы по углеводородам и по воде, анализировать и запоминать тренды процессов измерения с адаптацией результатов к объекту эксплуатации. Возможности прибора существенно улучшают его метрологические и эксплуатационные характеристики, а также повышают надежность и достоверность показаний.

Выходной сигнал прибора выполнен цифровым, что открывает перспективу организации на базе прибора и средств сотовой и спутниковой связи систем для мониторинга влажностного состояния природного газа от промыслов и далее по МГ.

Подобная система была опробована в течение более полугода при испытаниях гигрометра в г. Дорстоне (компания Ruhrgas). Текущая информация о влажности голландского газа из Дорстона передавалась по сотовой связи в Саратов и в Москву и отображалась на дисплеях компьютеров.

По мнению авторов, в 2001-2002 гг. подобный мониторинг целесообразно провести на одном из выбранных Газпромом магистральных газопроводах.

Новизна принципа преобразования первичной информации, конструктивные особенности, интеллект, реализованный в программном обеспечении (ПО), дают возможность применять приборы "КОНГ-Прима" для работы в "грязных средах", а также в присутствии конденсирующих примесей (метанол, гликоль и т. д.).

Гигрометр "КОНГ-Прима-2" многократно испытывался на степень влияния метанола и ДЭГа на его метрологические характеристики, например в институте DVI (Лейбциг, Германия). Природный газ насыщался парами ДЭГа, нагретого до температуры +90 °С. Реакции прибора не было обнаружено.

Из результатов испытаний гигрометра "КОНГ-Прима-2" следует, что он измеряет температуру точки росы по воде в пределах своей погрешности (± 1 °С) при концентрации метанола до 600 мг/м³ и давлении 3,92 МПа (40 кгс/см²). Это подтверждено испытаниями в других лабораториях.

Разработчики приборов "КОНГ-Прима" ориентировались на указанные предельные значения метанола на основании многочисленных данных, взятых из технической литературы, исследований ВНИИГАЗа, а также информации от организаций отрасли.

На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы: модификации гигрометров "КОНГ-Прима-2" обладают достаточным объемом метрологических и эксплуатационных характеристик, позволяющих использовать приборы в целях измерения ТТР на различных объектах отрасли;

воплощение положительных результатов эксплуатации приборов "КОНГ-Прима-2", развитие функциональных и улучшение метрологических и надежностных характеристик нашло отражение в создании гигрометра нового поколения "КОНГ-Прима-4", сертификацию и освоение серийного производства которого необходимо закончить в кратчайшие сроки.

© А.М.Деревягин, Ю.А.Морозов,
А.Р.Степанов, С.В.Селезнев

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИГРОМЕТРА "КОНГ-Прима-2"

*Деревягин А.М., Морозов Ю.А., Степанов А.Р.,
Селезнев С.В. (ЗАО "НПО "Вымпел")*

В России и за рубежом эксплуатируется более двухсот гигрометров семейства "КОНГ-Прима", из них в отечественной газо-

вой промышленности - 173 прибора "КОНГ-Прима-2", по которым фирма "Вымпел" имеет информацию.

Ввод в эксплуатацию приборов "КОНГ-Прима-2" по годам осуществлялся в следующей последовательности: 1995 г. - 21, 1997 г. - 19, 1998 г. - 39, 1999 г. - 62 и 2000 г. - 29.

Запланированная потребность отрасли на 2000-2001 гг. составляет более 170 гигрометров.

На основании данных (рис. 1), полученных фирмой "Вымпел" за эти годы благодаря контактам с персоналом газотранспортных и газодобывающих организаций, опросным листам, анализу отказов, видов и объемов ремонтных работ, можно подвести некоторые итоги.



Рис. 1. Число установленных приборов и потребность по годам

▨ - персонал обучен; ▮ - персонал не обучен

По информации с мест эксплуатации о 126 приборах 56 работают без каких-либо отказов. В действительности эта цифра значительно больше, поскольку нельзя причислять к отказам неисправности, которые устраняются своевременным техническим обслуживанием и профилактикой. К данной группе относятся засорение трубки и чувствительного элемента. Следует отметить, что 41 прибор отказывал один раз за время эксплуатации, 16 приборов оказывало - два раза и 13 приборов - три и более раз.

Представляет определенный интерес зависимость качества эксплуатации от факта "обучен" или "не обучен" персонал. Она прослеживается на гистограмме (рис. 2).

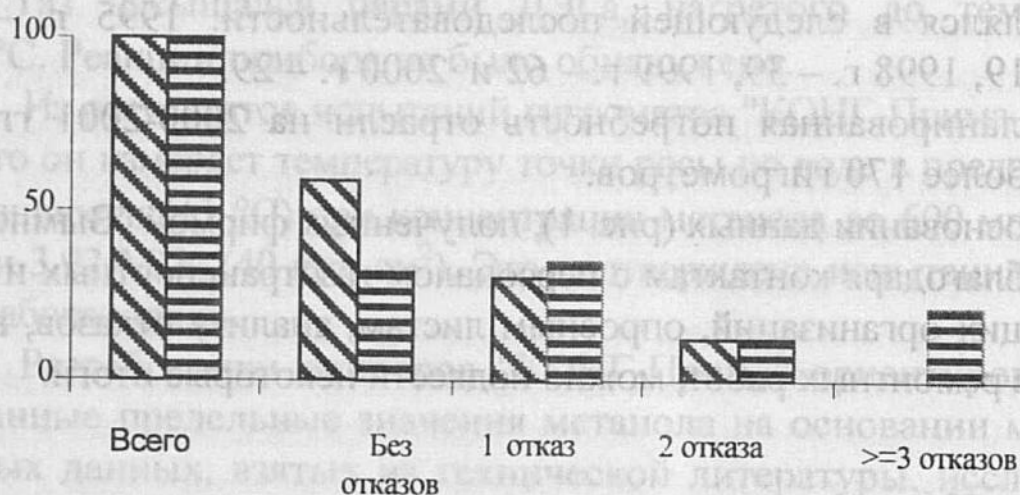


Рис. 2. Зависимость отказов от обученности персонала:

▨ - персонал обучен; ▤ - персонал не обучен

В организациях, персонал которых прошел обучение на фирме "Вымпел", 58 % приборов работает без отказов, 30 % - с одним отказом, 12 % - с двумя отказами и 1 % - с тремя и более отказами. В организациях с необученным персоналом эти цифры соответственно – 32, 35, 12 и 21 %.

С учетом сложности проблемы измерения влажности российского природного газа и особенностей эксплуатации приборов "КОНГ-Прима" фирма "Вымпел" рекомендует лицам, которым поручается внедрять, следить за эксплуатацией и обслуживать данный гигрометр, проходить цикл обучения на фирме-изготовителе.

Следующий этап анализа проводился по информации, которой обладает фирма "Вымпел".

Сравнительный анализ данных от организаций, предоставивших информацию, и данных по этим же организациям, которыми обладает фирма, показывает, что они практически совпадают. Некоторые несоответствия содержатся в информации, полученной от Кавказтрансгаза, Тюментрансгаза и Ямбурггаздобычи. Причины различия разрешаются фирмой в оперативном порядке.

Все отказы можно разделить на три группы по характеру их происхождения:

конструктивные, обусловленные несовершенством конструкции и технологии;

производственные, вызванные дефектами изготовления элементов, сборки, регулировки приборов, а также некондиционностью комплектующих;

эксплуатационные, связанные с неквалифицированным техническим обслуживанием и нештатными условиями эксплуатации.

К первой группе относятся отказы, вызванные сбоями программного обеспечения, несовершенством ранних версий ПО и конструкции датчика первичной информации.

Во вторую группу входят отказы в блоке электроники (непропай выводов интегральных микросхем, межвитковые замыкания, некондиционные исходные материалы для термодатчика).

К третьей группе относятся скол чувствительного элемента (оптоволокна) при промывке датчика, отказ электронного блока при возникновении на входе/выходе электромагнитных помех, превышающих допустимый уровень (ГОСТ 29254, нормы 8-95), например во время грозы повреждение термоэлектробатареи - ТЭБ - при резких подаче/сбросе давления.

За первую и вторую группы отказов ответственность несет фирма "Вымпел", за третью - эксплуатационный персонал.

Анализ отказов выполнен для каждого заказчика.

На гистограмме (рис. 3) показан суммарный результат анализа по годам эксплуатации приборов "КОНГ-Прима-2". Для получения сравнительной характеристики при анализе отказов использованы значения коэффициентов K_1 , K_2 и K_3 . Эти коэффициенты характеризуют отношение общего числа отказов с ответственностью фирмы "Вымпел" и с ответственностью эксплуатации к числу эксплуатируемых приборов по годам.

Из рис. 4 видно, что значение коэффициентов снижается по годам ввода приборов в эксплуатацию. Указанный фактор достигается благодаря деятельности фирмы по совершенствованию гигрометров, в частности по улучшению эксплуатационных характеристик прибора "КОНГ-Прима-2".

Поскольку в условиях эксплуатации не всегда имеются необходимые инструменты и материалы, то планируется в ближайшем

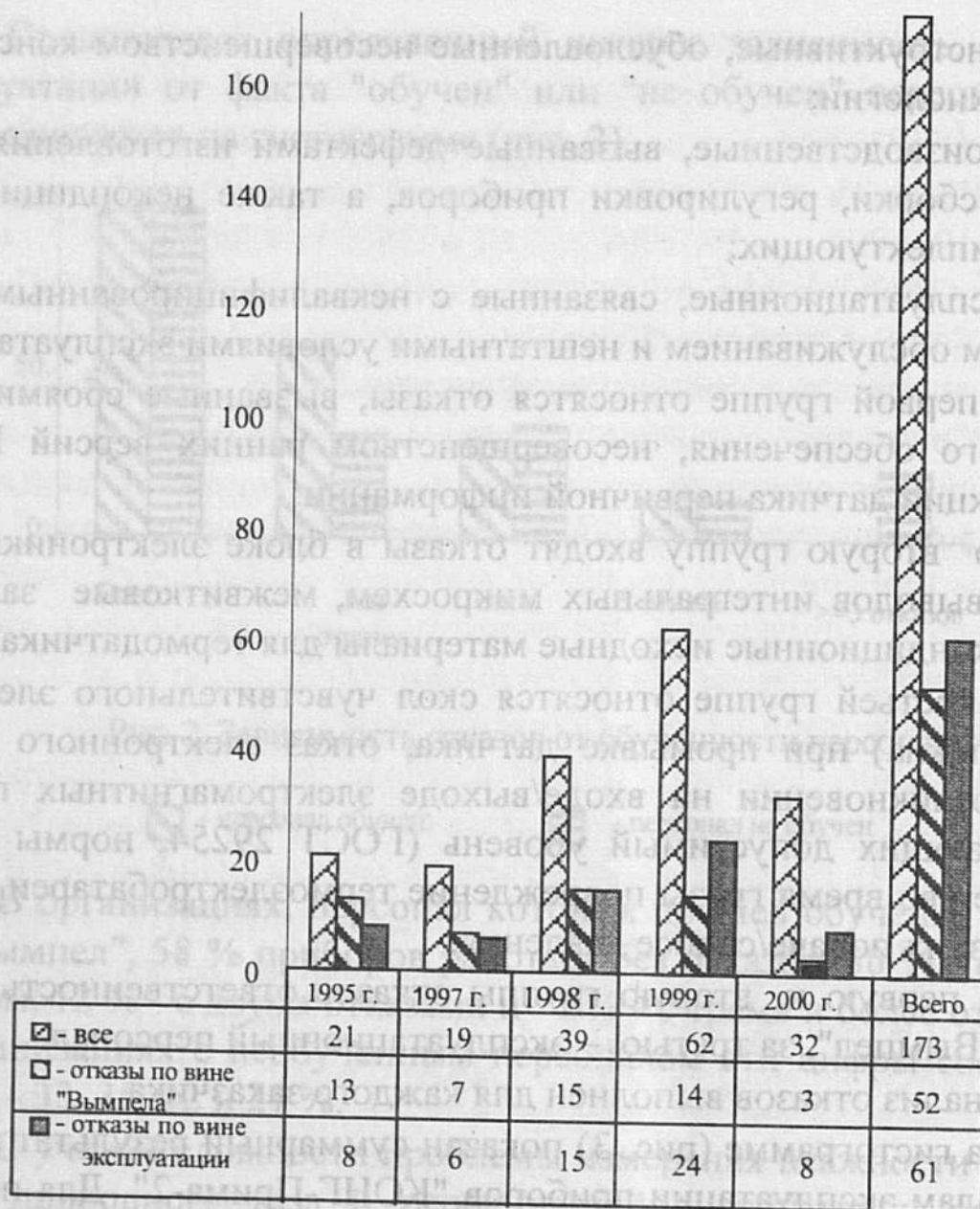


Рис. 3. Общее число приборов и отказов по годам

В целях устранения наиболее характерных видов отказов выполнены следующие мероприятия.

1. Обрыв термодатчика ДПИ.

При обнаружении данного дефекта был введен входной контроль комплектующих и была изменена технология сборки термодатчика ДПИ, в результате чего в последующих партиях приборов указанный дефект практически не проявляется.

2. Отказ электроники в условиях нерегламентированных электромагнитных помех.

Все отказы можно разделить на три группы по характеру их происхождения:

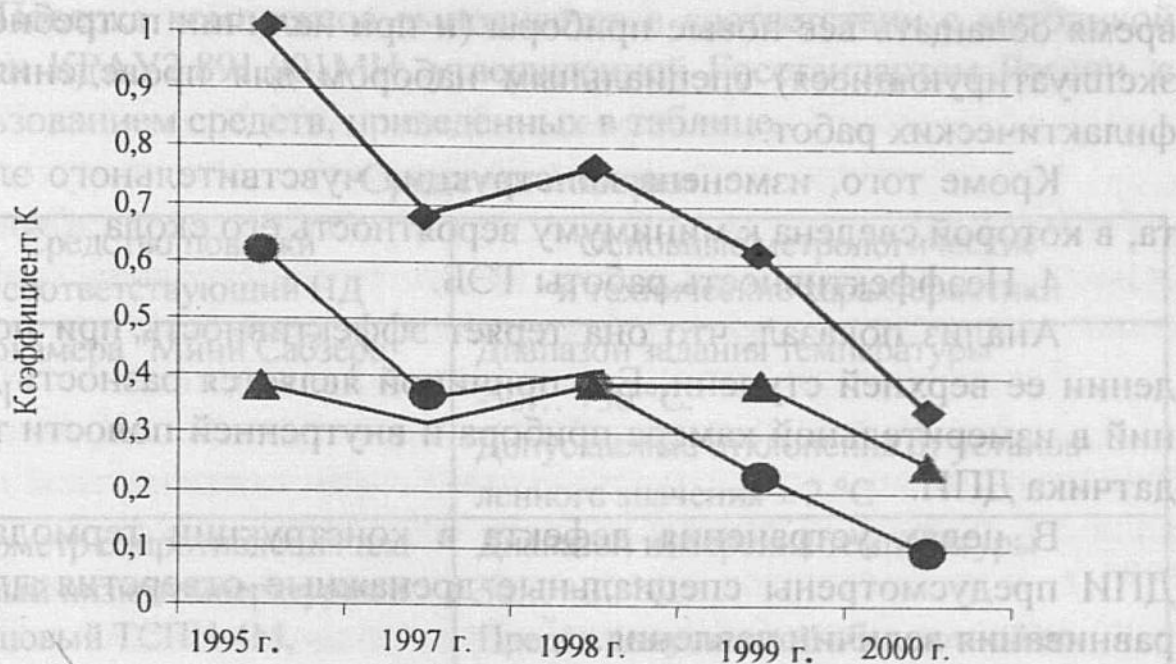


Рис. 4. Кривые отказов по годам:

◆ - всего отказов по годам; ● - по вине фирмы "Вымпел";
▲ - по вине эксплуатации

Преобразователь точки росы "КОНГ-Прима-2" разработан с учетом требований электромагнитной совместимости по ГОСТ 29254 и нормам 8-95. Однако в некоторых случаях уровень помех на входах/выходах прибора превышает граничные значения, что приводит к сбоям ПО, отказам электронной базы и токового выхода.

В конструкции гигрометра произведены схемно-технические доработки входных/выходных цепей, связанные с введением дополнительных фильтров и заменой интегральной микросхемы АД420 на АД421, обладающую большей помехоустойчивостью. Данная модернизация осуществляется как плановая для всех приборов, проходящих через фирму "Вымпел" при поверке и ремонте.

3. Скол оптического волокна (чувствительного элемента).

При проведении профилактических работ с учетом миниатюрности и хрупкости чувствительного элемента (изгиб кварцевого оптического волокна) необходимо использовать указанные в руководстве по эксплуатации материалы и инструменты. Применение других подручных материалов ведет к выходу из строя чувствительного элемента.

Поскольку в условиях эксплуатации не всегда имеются необходимые инструменты и материалы, то планируется в ближайшее

время оснащать все новые приборы (и при наличии потребности и эксплуатирующиеся) специальным набором для проведения профилактических работ.

Кроме того, изменена конструкция чувствительного элемента, в которой сведена к минимуму вероятность его скола.

4. Неэффективность работы ТЭБ.

Анализ показал, что она теряет эффективность при повреждении ее верхней ступени. Его причиной является разность давлений в измерительной камере прибора и внутренней полости термодатчика ДПИ.

В целях устранения дефекта в конструкции термодатчика ДПИ предусмотрены специальные дренажные отверстия для выравнивания величин давления.

5. Отказы электронной части прибора.

В целях повышения надежности электронной части прибора "КОНГ-Прима-2" проведены следующие доработки:

введен активный нагрев корпуса прибора с программной стабилизацией температуры до +30 °С;

уменьшен период времени таймера микроконтроллера для предотвращения "зависания" программы, реализующей алгоритм работы прибора;

использована интегральная микросхема со специальной функцией защиты перепрограммируемого запоминающего устройства от разрушения.

Доработки выполняются фирмой "Вымпел" бесплатно во время поверки и других ремонтных работ.

Фирмой "Вымпел" на 30.10.2000 г. изготовлено 35 поверочных комплексов "КОНГ". Из этого числа организациям ОАО "Газпром" поставлено 13 комплексов: Мострансгазу – 4; Волгоград-трансгазу – 2; Надымгазпрому - 2; Ямбурггаздобыче - 1; Уренгойгазпрому - 3; Кубаньгазпрому - 1.

Организации, имеющие комплексы, проводят поверку преобразователя точки росы "КОНГ-Прима-2" в региональных ЦСМ. ООО "Тюментрансгаз" планирует осуществлять поверку гигрометров на базе Восточно-Сибирского научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений (ВС НИИФТРИ), Иркутск, все остальные - на фирме "Вымпел".

Поверка комплексов выполняется в соответствии с методикой поверки КРАУ2.891.001МИ, утвержденной Госстандартом России, с использованием средств, приведенных в таблице.

Средства поверки

Средство поверки и соответствующий НД	Основные метрологические и технические характеристики
Термокамера "Мини Сабзеро МС-81"	Диапазон задания температуры -50... +30 °С. Допускаемые отклонения от установленного значения ± 2 °С
Термометр сопротивления платиновый низкотемпературный образцовый ТСПН-4М, ТУ 50-696-88	Диапазон измерения температуры 50... +30 °С. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,01$ °С
Вольтметр В7-34А, Тг.2.710.010 ТУ.	Диапазон измерения сопротивления 0... 1 200 Ом. Предел допускаемой основной погрешности: $\pm 0,055$ % при измерении сопротивления в диапазоне 20...30 Ом; $\pm 0,02$ % при измерении сопротивления в диапазоне 800...1 200 Ом
Магазин сопротивлений МСР60М, ГОСТ 7003-64	Класс точности 0,02. Диапазон измерения сопротивлений 800...1 200 Ом
Эталонный генератор влажного газа "Родник-2М", 5К2.844.067ТУ.	Диапазон воспроизведения температуры точки росы -33... +54 °С. Предел допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения температуры точки росы $\pm 0,1$ °С
Преобразователь точки росы "КОНГ-Прима-2", КРАУ2.844.001ТУ	Диапазон измерения температуры точки росы -25... +30 °С. Предел допускаемой абсолютной погрешности при измерении температуры точки росы ± 1 °С

* Средства используются только при проведении первичной поверки.

Вместо эталонного генератора влажного газа допускается применение эталонного средства измерения температуры точки росы с погрешностью измерения не более $\pm 0,25$ °С.

Механическое разрушение ТЭБ связано с конструктивным дефектом, при котором не были учтены разбросы ее габаритных размеров по высоте. Этот дефект уже устранен. Отказ электроники вызван производственным дефектом (сгорел резистор).

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Анализ результатов работы гигрометров "КОНГ-Прима-2" свидетельствует о том, что эксплуатационная надежность и достоверность показаний приборов, начиная с их первых выпусков в 1995 г. и по настоящее время, выросла благодаря мероприятиям, выполненным фирмой "Вымпел". Это позволяет эксплуатировать данные приборы с более высокими показателями по достоверности измерений и надежности по сравнению с приборами-аналогами.

2. На эксплуатационную надежность гигрометров оказывает влияние своевременность проведения профилактических работ и степень подготовленности персонала по методам и средствам ведения технического обслуживания приборов "КОНГ-Прима" и поверочного комплекса "КОНГ".

3. Гигрометры семейства "КОНГ-Прима" полностью обеспечены всеми необходимыми средствами поверки.

© А.Л.Воскресенский

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЛАГОМЕРОВ "КОНГ-Прима-2" В ООО "ВОЛГОТРАНСГАЗ"

Воскресенский А.Л. (ООО "Волготрансгаз")

С начала 1999 г. в ООО "Волготрансгаз" осуществлен переход на измерение температуры точки росы стационарными влагомерами "КОНГ-Прима-2" производства НПФ "Вымпел" (г. Саратов) вместо индикаторов "Харьков-1М".

Гигрометр "КОНГ-Прима-2" является современным прибором, позволяющим с заданной периодичностью определять значе-