

УДК 543.271(9)

## ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ В СКБ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ (исторический обзор\*)

© Н.А. Давыдов, Д.Е. Житников, Л.Е. Кочеров, А.В. Пак  
АОЗТ "Анагаз", Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 15 мая 1999 г.

Газоаналитическое приборостроение в СКБ аналитического приборостроения АН СССР (СКБ АП) явилось базой, на основе которой развивалось научное приборостроение в нашей стране.

Существенное развитие газоаналитическое приборостроение получило в период после Великой Отечественной войны, хотя работы по созданию и серийному выпуску газоанализаторов велись и в довоенный период. Работы эти, в силу сложившихся обстоятельств, были, в основном, сосредоточены в Ленинграде и послужили причиной появления достаточно большого количества высококвалифицированных кадров, работавших над созданием термокондуктометрических, термохимических, термомагнитных и оптико-акустических приборов.

Во главе этих работ были профессора Ленинградского электротехнического института Г.Т. Кульбуш и А.Б. Улитовский, а также профессор Ленинградского университета М.Л. Вейнгер. Работы эти велись на заводе "Термоэлектроприбор" и заводе "Теплоприбор", а также в опытных мастерских Университета.

С 1936 г. завод "Теплоприбор" стал основным производителем газоанализаторов объемно-манометрических и тепловых (термокондуктометрических и термохимических). На заводе работала плеяда талантливых инженеров: Б.Б. Ершов, Н.А. Львов, Д.Л. Оршанский, Н.В. Виноградов, Н.Д. Михайлов, А.Э. Рафальсон, Н.С. Песоченский, В.В. Полозов, к которым перед наступлением военной поры присоединились В.А. Павленко и М.Д. Шутов.

Однако, эти заводы не были специализированы на выпуск газоаналитической аппаратуры, вследствие чего в послевоенный период — период бурного развития промышленности и автоматизации производства, они не могли обеспечить народное хозяйство приборами в необходимых количествах ни по номенклатуре, ни по объему производства.

Автоматизация производств требовала создания систем регулирования процессов не по кос-

венным параметрам (температура, давление, расход и т.д.), а по составу продуктов, включенных в технологический процесс.

В связи с этим Совет Министров СССР по ходатайству ряда промышленных Министерств Постановлением от 28 августа 1949 г. обязал Министерство машиностроения и приборостроения СССР и Министерство химической промышленности организовать конструкторское бюро приборов газового анализа и опытное конструкторское бюро по разработке приборов автоматического контроля и регулирования химических процессов, соответственно. В соответствии с Постановлением СМ СССР Министерство машиностроения и приборостроения приказом от 21 сентября 1949 г. организовало в Ленинграде Центральное конструкторское бюро приборов газового анализа (ЦКБ ПГА) — единственную на то время организацию, полностью специализированную на разработке и изготовлении газоанализаторов термокондуктометрических, термохимических и оптико-акустических.

Одновременно в Москве было создано ОКБА — Опытное конструкторское бюро автоматики (впоследствии ПО "Химавтоматика"), на которое возлагались задачи разработки и изготовления средств автоматизации производств и газоанализаторов для химической промышленности. На ЦКБ ПГА возлагалось обеспечение газоанализаторами остальных отраслей народного хозяйства.

Свою практическую деятельность ЦКБ ПГА начало в 1950 г., имея 250 м<sup>2</sup> площади, 38 сотрудников и 17 правительственных заданий по разработке приборов различного назначения.

Колоссальное развитие ЦКБ ПГА и его деятельности было обусловлено тем, что во главе его был назначен В.А. Павленко — прекрасный организатор, человек, умеющий ставить задачи и решать их, умеющий подбирать кадры.

\* При подготовке статьи, кроме литературных источников, были использованы устные рассказы Б.Б. Ершова и Д.Л. Оршанского, личные воспоминания авторов и рукопись И.Б. Баранова "СКБ аналитического приборостроения Научно-технического объединения АН СССР 1950 - 1983 гг."

Вскоре после организации ЦКБ ПГА, благодаря усилиям Начальника-Главного конструктора В.А. Павленко, в ЦКБ ПГА были переведены группы сотрудников с завода "Теплоприбор" и ОКБ-470, занимавшиеся разработкой газоанализаторов.

Уже в следующем после образования, 1951 г., ЦКБ, переименованное к тому времени в ГСКБ АП (Государственное специализированное конструкторское бюро аналитического приборостроения), разработало 6 типов газоанализаторов и изготовило 52 опытных образца приборов. В ГСКБ АП был организован ряд лабораторий по направлениям газоаналитического приборостроения, укомплектованных высококвалифицированными специалистами.

Лабораторию тепловых газоанализаторов (термокондуктометрических, термохимических, термомагнитных) возглавил Б.Б. Ершов, под руководством которого трудились талантливые инженеры старшего поколения: Ф.М. Холов, Д.М. Шейнин, Г.К. Лебедев, В.В. Полозов. В этой замечательной плеяде выросли до высококвалифицированных специалистов Н.А. Давыдов, Л.Е. Кочеров, А.И. Мочалкин, которые, в свою очередь, подготовили таких прекрасных инженеров, как Н.С. Михальчук, А.В. Пак и др.

Разработка оптико-акустических приборов велась под руководством Е.К. Печникова главными конструкторами проектов П.И. Бреслером и А.О. Саллем, впоследствии ставшими докторами физико-математических наук и разработавшими теорию газоанализаторов.

Фотоколориметрические приборы разрабатывались Е.О. Аграновым и Л.В. Рейманом. Электрохимические газоанализаторы создавались под руководством М.Т. Борока инженером Е.Т. Аливским, а впоследствии – Д.В. Чилипенком.

Наличие хорошего кадрового состава позволяло Начальнику-Главному конструктору В.А. Павленко брать на себя решение сложнейших технических задач. Так, в 1953 г. было принято решение о разработке газоанализаторов для Военно-морского флота, требования к которым предъявлялись чрезвычайно высокие, а в 1954 г. было принято решение о разработке и выпуске в ГСКБ АП масс-спектрометров – приборов, коренным образом отличающихся от газоанализаторов и по принципу действия, и по конструкции, и по технологии изготовления.

С начала 1959 г. ГСКБ АП переходит в ведение Академии наук СССР и именуется СКБ аналитического приборостроения АН СССР. На этот момент ГСКБ АП имело завод аналитических приборов, передало техническую документацию для серийного выпуска ряда газоанализаторов на завод

"Киевприбор" и настояло на строительстве двух заводов для серийного выпуска газоанализаторов — Выруского и Смоленского. Одновременно было запланировано строительство Орловского завода для выпуска масс-спектрометров.

В 1958 г. численность ГСКБ составила 736, а завода аналитических приборов — 650 человек.

В 1958 г. ГСКБ разработало 11 типов газоанализаторов, масс-спектрометры МВ2301, МВ2302 и МК1302.

Масс-спектрометр МВ2301 и газоанализаторы МН5106 (термомагнитный для измерения кислорода), ОА2109, ОА2209, ОА2309 (оптико-акустические для определения оксида и диоксида углерода и метана) и ФЛ4501 (фотоколориметрический для определения диоксида азота) демонстрировались на Всемирной выставке в Брюсселе, где газоанализаторы получили золотые медали этой выставки.

Завод аналитических приборов в 1958 г. выпустил 1016 газоанализаторов 12 типов, 4 масс-спектрометра МХ1302 и 52 масс-спектрометра МИ1305, из которых 9 приборов было направлено на экспорт.

В этом же году ГСКБ впервые передало Сумскому заводу электронных микроскопов техническую документацию на масс-спектрометр МИ1305 для организации серийного выпуска.

Безусловно, успешные работы ГСКБ в области масс-спектрометрии послужили основной причиной перехода ГСКБ в ведение АН СССР. Одним из обязательств, возложенных на СКБ АП правительством при переходе в АН СССР, было продолжение работ по обеспечению народного хозяйства газоаналитической техникой. Поэтому в СКБ АП, наряду с развитием масс-спектрометрии, освоением новых направлений научного приборостроения, таких как хроматография, радиоспектроскопия, продолжались работы по обеспечению газоаналитической техникой теплоэнергетики, металлургической, угольной, нефтяной промышленности, атомной энергетики, Военно-морского флота, а также, немного позже, космической техники.

Из всех этих работ наибольшее значение имели работы в обеспечении нужд Военно-морского флота и космической техники. Работы проводились, в основном, в лаборатории тепловых газоанализаторов, руководимой Б.Б. Ершовым, и результатом их явилось создание уникальных приборов, не имеющих аналогов в мировой газоаналитической технике вплоть до настоящего времени.

Такие достижения обуславливались четкой организацией работ и некоторыми техническими достижениями, о которых пойдет речь ниже.

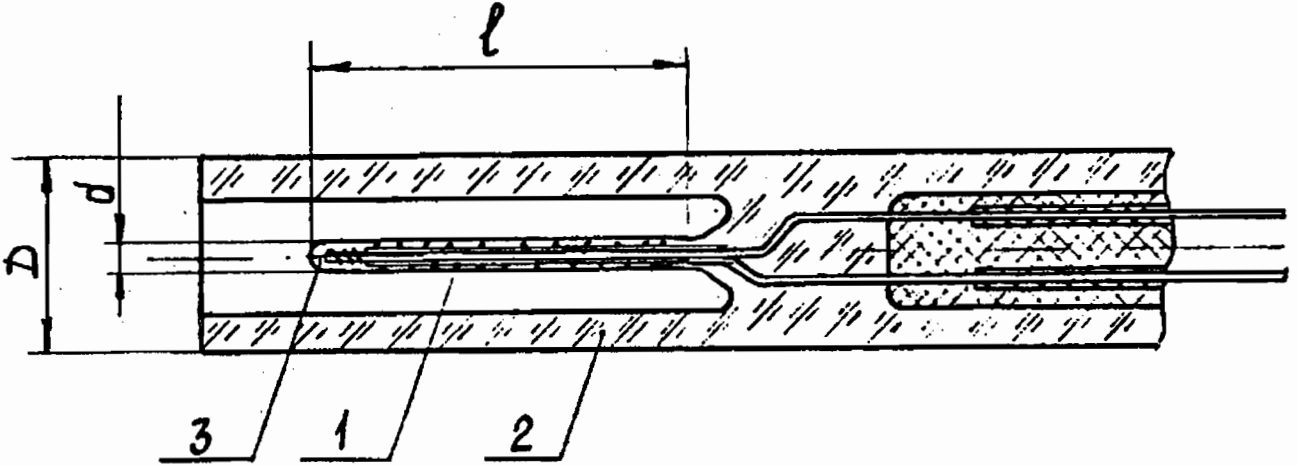


Рис. 1. Чувствительный элемент (ЧЭ) термокондуктометрического типа газоанализаторов.  
1 – платиновая спираль, 2 – ампула ЧЭ, 3 – стержень ЧЭ

В организационном плане необходимо выделить, прежде всего, наличие специального конструкторского бюро, занимавшегося разработкой конструкции газоанализаторов. Возглавлял это бюро Э.И. Исерлис, а под его руководством работали талантливые конструкторы В.А. Бурмантов, А.А. Морозов, впоследствии — А.А. Шинкоренко, В.И. Шелудяков, И.Ф. Щербаков.

Для разработки электронной части газоанализаторов была организована специальная лаборатория электроники под руководством А.А. Гольдина, где работали В.Б. Вершевский, Ю.А. Исаков, Д.Е. Житников и др. Высокому качеству приборов служили жесткий нормоконтроль конструкторской документации, пооперационный контроль в производстве, своевременная технологическая проработка всех операций. В техническом отношении многие достижения лаборатории тепловых газоанализаторов основывались на двух уникальных разработках.

Первая из них — создание чувствительного элемента для термомагнитных и термокондуктометрических приборов в виде платинового остекленного термометра сопротивления (рис. 1) [1]. Благодаря особой конструкции (стекло, армированное металлом) и специальной технологии изготовления эти чувствительные элементы имеют уникальные характеристики: непревзойденную стабильность работы во времени и совершенно особую механическую прочность. Стабильность их работы можно продемонстрировать тем, что существуют приборы, отработавшие в тяжелых корабельных или промышленных условиях по 15 + 20 лет без ремонтов и без изменения своих характеристик. Механическая прочность чувстви-

тельных элементов характеризуется следующими данными: они выдерживают без изменения своих характеристик ударные нагрузки в 1500 г, вибрацию в диапазоне частот от 2 Гц до 2,0 кГц с ускорениями до 12 g и способны стабильно работать годами в условиях корабельной или железнодорожной вибраций.

Второе достижение — это применение двухмостовой схемы отношения, работающей на переменном токе [2].

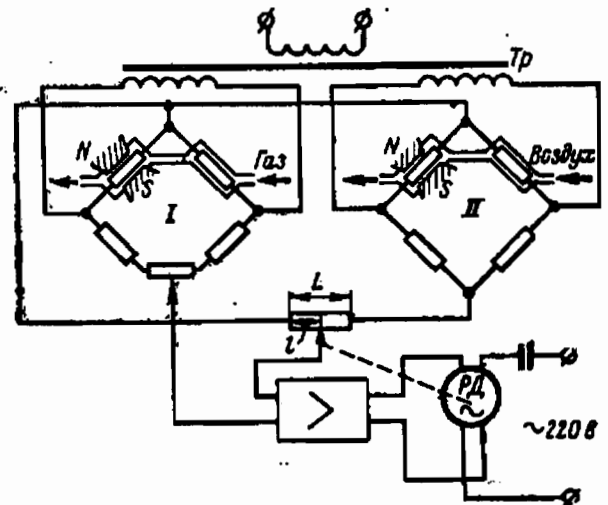


Рис. 2. Двухмостовая схема отношения напряжений: I – рабочий мост, II – сравнительный мост

По этой схеме выходной сигнал пропорционален отношению выходных сигналов рабочего и сравнительного мостов (рис. 2), идентичных по природе, но отличных тем, что выходной сигнал

рабочего моста пропорционален измеряемой концентрации, а выходной сигнал сравнительного моста постоянен и равен максимальному значению сигнала рабочего моста.

Эта схема прежде всего также способствовала повышению стабильности работы приборов, поскольку, если происходили во времени какие-либо изменения чувствительности мостовых схем, то они в равной степени были присущи и рабочему и сравнительному мостам.

Во-вторых, эта схема позволяла избавиться от погрешностей, связанных с изменением напряжения питания газоанализаторов в пределах  $\pm 20\%$  от номинала и изменением температуры окружающей среды в пределах от  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  до  $+50\text{ }^\circ\text{C}$ .

И, наконец, она позволяла вводить многие поправки: производить линеаризацию выходной характеристики, вводить поправки в выходной сигнал по влиянию неизмеряемых компонентов анализируемой смеси, по влиянию давления анализируемого газа и т.д.

Следует заметить, что схема отношения оказалась настолько хороша, что впоследствии применялась и в других приборах: в газоанализаторах фотоколориметрических, оптико-акустических и в масс-спектрометрах, где измерялось отношение потоков различных компонентов.

Основываясь на этих двух достижениях (чувствительный элемент и двухмостовая схема отношений), была разработана широчайшая гамма приборов, выполнявших самые ответственные задачи в различных отраслях промышленности и оборонной техники.

В конце 50-х и начале 60-х годов были полностью удовлетворены потребности отечественного флота в газоанализаторах, вследствие чего группа руководителей и инженеров СКБ АП была награждена в 1963 г. Ленинской премией: В.А. Павленко, М.Д. Шутов, Б.Б. Ершов, Э.И. Исерлис, В.Б. Бурмантов. Многие другие разработчики получили правительственные награды.

Эта группа газоанализаторов первого поколения предназначалась для контроля и управления составом атмосферы, контроля взрывобезопасности энергетических установок и контроля работы технологических установок. Все эти приборы были созданы на единой конструктивной основе и состояли из двух блоков: приемника, в котором производилось формирование рабочего и сравнительного сигналов, и электронного компаратора, измеряющего отношение этих сигналов. В эту группу приборов входили газоанализаторы:

- МН5104, МН5121 + МН5126 – термомагнитные для измерения кислорода в пределах от 15 до 30%, отличающиеся набором дополнительных устройств;

- МН5112 – термомагнитный переносный газоанализатор на кислород;
- ТП1116 – термокондуктометрический газоанализатор на водород в воздухе с пределами измерения  $0\div 4\%$  объемных;
- ТП2203 – термокондуктометрический газоанализатор на диоксид углерода с пределами измерения  $0\div 10\%$  объемных;
- ОВ2201 – интерферометрический переносный газоанализатор на диоксид углерода с пределами измерения  $0\div 3\%$  объемных;
- ТП1117 и ТП5101 – термокондуктометрические газоанализаторы на водород в кислороде и кислород в водороде с пределами измерения  $0\div 3\%$   $\text{H}_2$  и  $0\div 1\%$   $\text{O}_2$ , соответственно;
- ФЛ4501 – фотоколориметрический ленточный газоанализатор на диоксид азота с пределами измерения  $0\div 0,01$  мг/л;
- ФЛ1501 – фотоколориметрический ленточный газоанализатор на сурьмянистый водород;
- ТХ2104 – термохимический газоанализатор на оксид углерода с пределами измерения  $0\div 0,1$  и  $0\div 1,0$  мг/л;
- ЭА0201 – колориметрический переносный газоанализатор на оксид углерода и оксид азота;
- МН3001, МН3501 и МН3502 – термомагнитные газоанализаторы для определения взрывоопасных концентраций паров бензина, керосина и других топлив, соответственно, по измерению концентрации кислорода при сжигании этих паров.

Впоследствии в 70-х годах было создано второе поколение газоанализаторов для подводного флота, которые отличались от первого поколения, прежде всего, тем, что имели электронные бесконтактные устройства формирования выходного сигнала, а кроме того, имели унифицированный выходной сигнал от 0 до 10В на предел измерения, время непрерывной работы 2000 часов, ресурс работы 15000 часов и срок службы 10 лет.

Серия этих газоанализаторов по назначению и пределам измерения аналогична первому поколению приборов и отмечается появлением приборов во взрывобезопасном исполнении (МН5136) и (ТП1132), а также появлением нового по принципу действия корабельного прибора ОТ2201 — оптико-термического газоанализатора для определения диоксида углерода, у которого в качестве детектора был использован чувствительный элемент по типу газоанализаторов по теплопроводности. Этот прибор заменил газоанализатор ТП2203 первого поколения. Кроме того, эту серию приборов пополнил газоанализатор ФЛ6802, фотоколориметрический ленточный, для определения концентрации фреона.

В завершение обзора работ для флота необходимо сказать, что эти работы продолжаются и в

настоящее время. Разрабатывается (и близка к завершению) серия приборов третьего поколения, которые выполняются в конструктиве взаимозаменяемых блоков, замена которых не требует градуировки или подстройки приборов. Время непрерывной работы приборов без обслуживания – 5000 часов, срок службы приборов – 15 лет без ограничения ресурса работы.

Для удовлетворения потребности народного хозяйства было разработано большое количество газоанализаторов, отличительной особенностью которых был тот факт, что в своем большинстве они разрабатывались на основе газоанализаторов, созданных для военных целей и, следовательно, имели очень высокие надежность, стабильность работы и срок службы. Все газоанализаторы этой серии в рамках этой статьи невозможно перечислить, но об их количестве можно судить по таким цифрам. Выпускной завод газоанализаторов (г. Выру, ЭССР), специализированный на выпуске газоанализаторов термомагнитных и термокондуктометрических, разработанных в СКБ АП, выпускал порядка 7000 приборов ежегодно, а Смоленский завод средств автоматики — около тысячи приборов оптико-акустических, гальванических и фотоколориметрических.

Отметим некоторые общепромышленные приборы, получившие наибольшее распространение. Это, прежде всего, газоанализаторы термокондуктометрического типа ТП5501 и ТП5502, имеющие около 1500 модификаций по определению различных газов (водород, гелий, азот, аргон, метан, диоксид углерода и т.д.) в бинарных и псевдобинарных смесях различного состава.

Для нужд теплоэнергетики выпускался газоанализатор МН5106 для определения концентрации кислорода в отходящих газах котельных установок, которым были оснащены все тепловые электростанции страны и который экспортировался во многие страны за рубежом.

В целях контроля работы установок для получения жидкого кислорода и азота были разработаны и серийно выпускались газоанализаторы МН5113 с пределом измерения  $0 \div 5\%$  кислорода и МН5114 с пределами измерения  $90 \div 100\%$  и  $98 \div 100\%$  кислорода, способные работать на железнодорожном транспорте.

В области оптико-акустических приборов очень большое распространение получили газоанализаторы ОА2109 (ОА2109М), ОА2209 (ОА2209М), ОА2309 (ОА2309М) для определения концентраций оксида углерода, диоксида углерода и метана в сложных газовых смесях, которые выпускались многие годы, модифицировались (в отношении электроники) и выпускаются по настоящее время.

Для анализа колошниковых газов доменных печей на концентрацию оксида углерода, диоксида углерода и водорода служил газоанализатор

ОА0304, получивший широкое распространение в металлургии.

Фотоколориметрический газоанализатор ленточного типа ФЛ5501 (ФЛ5501М) был универсальным прибором и служил для определения микроконцентраций озона, хлора, сероводорода, аммиака, диоксида азота, сернистого газа в воздухе.

Измерение микроконцентраций кислорода в различных газовых смесях осуществлялось электрохимическими газоанализаторами гальванического типа ГЛ5108 и ГЛ5115, которые выпускались Смоленским заводом средств автоматики и имели пределы измерения от 0 до  $10^{-4}\%$  объемных кислорода (минимальный) и от 0 до 0,05% объемных (максимальный). Все перечисленные газоанализаторы (как, впрочем, и многие другие) можно считать классическими образцами газоаналитической техники в каждом направлении. Их значение в области приборостроения остается по-прежнему велико. В настоящее время, конечно, устарели системы обработки выходных сигналов датчиков, но сами датчики, их принципы работы и конструкции жизнеспособны и сейчас, много лет спустя.

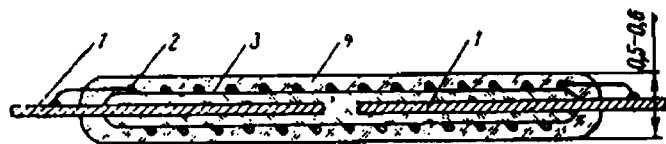


Рис. 3. Чувствительный элемент термомагнитного типа газоанализаторов:

1 – токоподводы, 2 – платиновая спираль, 3 – внутренний стеклянный капилляр, 4 – наружный стеклянный капилляр, наплавленный на внутренний поверх платиновой спирали

В 1961 году для СКБ АП начался новый период развития газоаналитической техники — период создания газоанализаторов для космических кораблей.

СКБ АП получило техническое задание на разработку газоанализатора для измерения концентраций кислорода и диоксида углерода в атмосфере космического корабля. Требовалось создать прибор весом не более 2 кг, с потреблением энергии не более 5 Вт и работающий в режиме периодического включения электропитания на 5 мин. В этом задании было все необычным, не укладывавшимся во все традиции и существовавшие представления о газоаналитической технике.



Рис. 3. Дарственная надпись коллективу СКБ АП космонавта Елисеева А.С.



Рис. 4. Дарственная надпись коллективу СКБ АП космонавта Хрунова Е.В.

На самом деле, вес газоанализаторов для подводного флота, разрабатываемых в то время, колебался от 10 до 50 кг на прибор, энергоемкость составляла 100÷300 Вт, приборы рассчитаны были на непрерывную работу и им необходимо было порядка 30 мин для выхода на рабочий режим (для прогрева).

Но ситуация, сложившаяся в то время в космонавтике, была критической: газоанализатор, разработанный для корабля "Восток" московским ОКБА, не работал, и первые два полета (Гагарин Ю.А., Титов Г.С.) проходили без контроля атмосферы внутри корабля. В связи с тем, что продолжительность полетов увеличивалась, такое положение было недопустимым.

В лаборатории тепловых газоанализаторов был разработан первый космический прибор КМ0204, в котором концентрация диоксида углерода определялась термокондуктометрическим методом, а концентрация кислорода — термомагнитным методом (рис. 3). Все требования технического задания были выполнены, прибор работал в режиме: 3 мин прогрев, 2 мин — съем показаний на пульт космонавта и на телеметрию. Этот прибор начал эксплуатироваться на кораблях серии "Восток" с номера 4 (август 1962 г., космонавт Попович П.Р.) и эксплуатировался в дальнейшем на кораблях "Восход" и "Восход-2". (Рис. 3, 4 — космонавты довольны разработками СКБ АП !)

Единственным и существенным недостатком КМ0204 была необходимость проверки его градуировки в условиях невесомости на летающей лаборатории ТУ-104. Необходимость этой градуировки определялась наличием в термомагнитных датчиках кислорода, помимо термомагнитной конвекции, конвекции тепловой, исчезающей в условиях невесомости и приводящей к изменению температуры чувствительных элементов на непредсказуемое значение, вызывающее изменение градуировки приборов. Отбраковка приборов по результатам летных испытаний составляла около 50% и, к сожалению, в тот период была непредсказуема.

Все это (дорогостоящие летные испытания, большая отбраковка приборов) послужило причиной замены термомагнитных датчиков кислорода на электрохимические датчики гальванического типа. На всех последующих газоанализаторах космического назначения КМ0304, КМ0305, КМ0305М, МК0305М1 осуществлялся и осуществляется по сей день контроль атмосферы и управление ее составом посредством термокондуктометрического датчика диоксида углерода, гальванического датчика кислорода и электролитического подогревного датчика влажности воздуха. Правда, следует сказать, что основной недостаток термомагнитных газоанализаторов — необходи-

мость их градуировки в условиях невесомости, был преодолен и был создан газоанализатор КМ0307, где была применена специальная структура построения термомагнитного датчика и технология его настройки в наземных условиях, позволяющая гарантировать неизменность его градуировочной характеристики в условиях невесомости. Прибор успешно прошел все испытания, включая летные, но в силу ряда причин политического и конъюнктурного характера в эксплуатацию не был принят.

С 1962 года и по настоящий день СКБ АП, а сегодня АОЗТ "Анагаз", являются единственными в стране разработчиками и поставщиками газоаналитической техники для космических кораблей и станций. Приборы СКБ АП эксплуатировались на кораблях типа "Союз", "Союз-ТМ", на долговременных орбитальных станциях "Салют-1÷Салют-5".

На станции "Салют-6", а в настоящее время на космической станции "Мир" эксплуатировались и эксплуатируются приборы для контроля и управления составом атмосферы: ТП-2281 — термокондуктометрический для измерения концентрации диоксида углерода в пределах 0÷25 мм рт. ст., ГЛ5183 — гальванический для измерения кислорода в пределах 0÷350 мм рт. ст., ТП1185 — термокондуктометрический для измерения водорода в пределах 0÷2,5% объемных, ЭП1001 — электролитический подогревный для определения влажности в пределах 0÷30 мм рт. ст., приборы контроля работы электролизной установки ТП1182 (измерение водорода в кислороде в пределах 0÷2,5% объемных) и ГЛ5186 (измерение кислорода в водороде в пределах 0÷20 мм рт. ст.). Все эти приборы созданы на единой базе унифицированных взаимозаменяемых узлов, ремонтоспособны в условиях полета и имеют ресурс работы не менее 1,5 лет.

В последнее время разработан комплект приборов для международной космической станции "Альфа" — измерительный комплекс ИК-0501, измеряющий концентрацию кислорода, водорода, диоксида углерода и паров воды в воздухе, а также ряд приборов, обеспечивающих безопасность эксплуатации технологического оборудования и системы очистки воздуха.

В отношении космического приборостроения необходимо отметить еще одно направление — разработку измерительных комплексов для космических скафандров. Это приборы, измеряющие концентрацию диоксида углерода в дыхательной смеси и ряд температур как внутри, так и на наружной поверхности скафандра. В этих приборах диоксид углерода определяется термокондуктометрическим методом, а температура — термометрами сопротивления, аналогичными чувствительным элементам термомагнитных и термокондуктометрических газоанализаторов. Первый при-



бор этой серии ИК0005 эксплуатировался на скафандрах типа "Орлан", в котором был совершен Леоновым А.А. первый выход в космос (1965 г.), и типа "Кречет". В дальнейшем эти приборы модифицировались и получали шифр ИК0702, ИК0702М. Приборы поставляются и в настоящее время.

С началом эры космического газоаналитического приборостроения началось время миниатюризации газоанализаторов, время резкого уменьшения их энергоемкости. В этом отношении последние разработки газоанализаторов для подводного флота и для промышленности сильно отличаются от своих предшественников.

В заключение авторы считают необходимым сделать некоторые замечания и предположения. При упоминании конкретных газоанализаторов нигде не указывалась их погрешность показаний. Это объясняется тем обстоятельством, что погрешность газоанализаторов независимо от их принципа действия составляет от 1,5% до 5% от диапазона измерений для макроконцентраций и порядка 10 % + 25 % для микроконцентраций. В ряде случаев достижение более высокой точности измерения, несмотря на малую инструментальную

погрешность прибора, сдерживалось большими погрешностями анализа калибровочных газовых смесей. Развитие газоаналитического приборостроения в свое время (в 50-х годах) послужило мощным импульсом для развития научного приборостроения. Авторы выражают уверенность в том, что возрождение отечественного научного приборостроения после тяжелых экономических условий также начнется с возрождения газоаналитического приборостроения в полном и необходимом объеме.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко В.А. Газоанализаторы. 1965. Машиностроение. М.-Л. С.44-77.
2. Еришов Б.Б., Оршанский Д.А., Павленко В.А., Холлов Ф.М., Шейнин Д.М. //Вестник приборостроения. Бюллетень тех.-эконом. информации. 1959. Вып.1. Киев. С.41-44.

## GAS-ANALYTICAL INSTRUMENT ENGINEERING AT THE SPECIAL DESIGN BUREAU OF ANALYTICAL INSTRUMENTATION (A HISTORICAL SURVEY)

N.A. Davydov, D.E. Zhitnikov, L.E. Kocherov, A.V. Pak  
*Close Joint-Stock Company "ANAGAZ", St.Petersburg*

The gas-analytical instrument engineering at the Special Design Bureau of the USSR Academy of Sciences has provided the basis for scientific instrumentation of our country.