3

ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 608.1

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НЕСИММЕТРИЧНЫМ ДИМЕТИЛГИДРАЗИНОМ

А.А. Рогова, Л.А. Конопелько

Рассматривается необходимость совершенствования методов контроля загрязнения атмосферного воздуха несимметричным диметилгидразином, в целях чего была осуществлена разработка нового средства измерений.

Ключевые слова: несимметричный диметилгидразин, атмосферный воздух, метрологическое обеспечение, обеспечение единства измерений, источник микропотока.

Введение

Постоянно растущая деятельность Российской Федерации в космической отрасли ставит задачу обеспечения охраны окружающей среды и здоровья населения от специфических загрязнителей, в частности, компонентов ракетного топлива (КРТ). На сегодняшний день в качестве одного из КРТ широко применяется несимметричный диметилгидразин (1,1-диметилгидразин, НДМГ, «гептил»).

Исследование и контроль загрязнения парами НДМГ окружающей среды (ОС), в частности, атмосферного воздуха, может производиться как посредством различных систем по моделированию распространения загрязнения [1], так и напрямую, наблюдением за состоянием среды путем проведения измерений.

При всех общеизвестных достоинствах, которыми обладают различные системы моделирования, преимущества непосредственного измерения и прямого контроля налицо.

На сегодняшний день для определения НДМГ в воздушной среде реализуются различные физикохимические методы. Основными из них являются электрохимический, пьезорезонансный, фотоколориметрический, спектроскопический, фотометрический и т.д.

Анализ методов и средств измерений (СИ) выявил следующие недостатки.

- 1. Большая масса, габариты и энергопотребление оборудования позволяют проводить измерения только в стационарных условиях.
- 2. Необходимость проведения пробоподготовки. Отбор, транспортировка в лабораторию, хранение пробы вносят дополнительные погрешности в проведение измерений.
- 3. Необходимость подготовки к анализу концентрирование на твердые сорбенты, поглощение специальными растворами и т.д. затрудняет и усложняет проведение измерений.
- 4. Существующее оборудование не всегда отвечает современным требованиям (невозможность прямой компьютерной обработки и т.д.).
- 5. Сложность обеспечения единства измерений в рамках российского законодательства [2, 3].
- 6. Сложность метрологического обеспечения [2, 3].

Эти факторы не позволяют производить мониторинг состояния воздуха в полной мере и обусловливают необходимость внедрения нового оборудования. Данная работа посвящена разработке и внедрению новых СИ в целях развития метрологического обеспечения контроля загрязнения НДМГ атмосферного воздуха в рамках российского законодательства и действующих в стране государственных стандартов.

Источники загрязнения атмосферного воздуха несимметричным диметилгидразином и его влияние на организм человека

 $HДM\Gamma-(CH_3)_2N_2H_2$ — входит в группу широко используемых в ракетной технике гидразиновых горючих на российских, американских, французских, японских, китайских ракетах-носителях: в двигательных установках пилотируемых кораблей и автоматических спутников, орбитальных и межпланетных станций.

НДМГ – бесцветная прозрачная жидкость с резким неприятным запахом, характерным для аминов. Легко самовоспламеняется с окислителями на основе азотной кислоты и азотного тетраоксида, что обеспечивает легкий запуск и стабильную работу двигателей ракет-носителей в широком диапазоне изменения окружающих условий.

Часто можно встретить неправильное наименование НДМГ – «гептил». Данное название не отражает химической формулы НДМГ, поэтому его следует применять, заключая в кавычки.

Вследствие широкого применения в космической и военной деятельности на сегодняшний день существует целый ряд источников загрязнения НДМГ, где население и ОС подвергаются наиболее интенсивному воздействию:

- падение ступеней ракет с несгоревшим топливом при плановых запусках;
- аварии при запусках;
- испытания ракетных двигателей;
- зоны базирования специализированных военных частей;
- места производства;
- нарушение правил транспортировки и хранения, аварийные ситуации при транспортировке и хранении;
- нарушение правил утилизации.

Всемирная организация здравоохранения относит НДМГ к I классу опасности, т.е. к чрезвычайно опасным веществам. Значение предельно допустимой концентрации $-0.1~\text{мг/м}^3$.

НДМГ обладает сильным токсическим действием. Наиболее опасным источником отравления является вдыхание паров. Результатами действие на организм человека являются раздражение слизистых оболочек глаз, дыхательных путей и легких; сильное возбуждение центральной нервной системы; расстройство кишечно-желудочного тракта (тошнота, рвота).

Отмечается высокая способность проникать через неповрежденную кожу. При хроническом воздействии опасность отравления через кожу достигает уровня ингаляционной. Доказано иммунодепрессивное, эмбриотоксическое, тератогенное, мутагенное и канцерогенное действие НДМГ при любых путях поступления в организм.

Отрицательное влияние загрязнителя усугубляется его кумулятивными свойствами, т.е. способностью накапливаться в организме.

Метрологическое обеспечение контроля несимметричного диметилгидразина

В соответствии с Российским законодательством [2] и в целях обеспечения единства измерений при реализации контроля загрязнения НДМГ атмосферного воздуха был проведен ряд работ, результатом которых стала разработка нового СИ – источника микропотока НДМГ (ИМ).

ИМ – мера массового расхода чистого вещества, представляющая собой контейнер в виде ампулы, трубки с проницаемыми стенками или другого вида, заполненный сжиженным чистым газом, легколетучей чистой органической жидкостью или раствором [3]. При обдувании ИМ азотом или воздухом вещество диффундирует через стенку сосуда в поток газа-разбавителя, формируя газовую смесь с заданным значением массовой концентрации вещества.

ИМ предназначены для использования в качестве сменных элементов в газоаналитических и газосмесительных устройствах (термодиффузионных генераторах газовых смесей), применяемых для градуировки и поверки газоанализаторов контроля НДМГ в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны.

Источник микропотока

Производство ИМ осуществлялось на площадке ООО «МОНИТОРИНГ», г. Санкт-Петербург. Процесс изготовления ИМ подразумевает проведения ряда стандартных работ:

- анализ исходных данных и планирование процесса изготовления;
- изготовление корпуса ИМ. Габаритные размеры (длина, диаметр) и материал (фторопласт) корпуса выбираются исходя из необходимых значений производительности ИМ (*G*, мкг/мин). Производительность ИМ является одной из основных характеристик источника и обозначает количество вещества, диффундирующего из ИМ в единицу времени. Данная характеристика зависит от природы вещества, которым заполнен ИМ, а также от геометрических размеров, температуры эксплуатации и параметров проницаемой части сосуда;
- герметизация дна корпуса ИМ, проверка герметичности корпуса;
- заполнение и герметизация ИМ.

Подробный анализ существующих на сегодняшний день аналогов изготавливаемого ИМ (в частности, производства США и России) показал, что высокая летучесть и испаряемость НДМГ, его способность активно сорбироваться различными материалами ставит задачу выполнения особых требований изготовления ИМ, что и было реализовано в рамках настоящей работы.

Соблюдение особых требований было реализовано путем проведения всего процесса изготовления ИМ в специальной установке (боксе) с обязательной постоянной продувкой инертным сухим газом (азотом). По тем же причинам, специально для данного ИМ, был изготовлен специализированный контейнер для хранения и транспортирования, что не предусматривалось ранее при проведении подобных работ. Хранение и транспортирование ИМ должно осуществляться только в контейнере, имеющем возможность

продувки внутреннего объема инертным сухим газом (азотом). Следует отметить, что, так как применение ИМ осуществляется также в инертной сухой среде, то процедуру продувки необходимо выполнять каждый раз перед эксплуатацией ИМ.

В результате проведенных работ был разработан ИМ со следующими характеристиками.

- 1. Диапазон производительности и пределы допускаемой относительной погрешности приведены в таблице (столбец 4, 5);
- 2. Габаритные размеры: диаметр 4–8 мм, длина 20–120 мм;
- 3. масса, не более: 20 г.

Вещество	Номинальное значение температуры, С°	Конструктивное исполнение	Диапазон производительности, G , мкг/мин	Пределы допускаемой относительной погрешности значений производительности, воспроизводимых ИМ [3]
НДМГ (CH ₃) ₂ N ₂ H ₂	30,0 40,0 50,0 60,0	A1	0,1-0,5	± 5 %
		A2	0,3–1,0	

Таблица. Характеристики ИМ

Как видно из таблицы, ИМ различаются температурой применения и конструктивным исполнением. Таким образом, в зависимости от количества номинальных значений температуры и соответствующих значений производительности, ИМ относятся к многозначным ИМ, что обеспечивает широкий спектр применения данного изделия. Внешний вид ИМ представлен на рисунке.

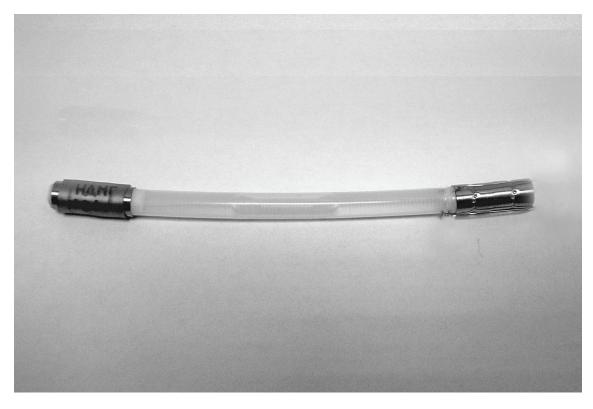


Рисунок. Внешний вид ИМ

Следует также отметить некоторые особенности ИМ, соблюдение которых обусловлено необходимостью обеспечения относительной погрешности значений производительности воспроизводимых ИМ:

- предельным состоянием считают количество вещества в ИМ менее чем 10% от полной вместимости (визуально) или от массы (брутто);
- ИМ относятся к невосстанавливаемым, неремонтируемым, однофункциональным изделиям;
- в эксплуатации ИМ ремонту не подлежат.

Для достижения поставленных задач было организовано проведение испытаний данного СИ в ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в целях утверждения типа.

В соответствии с программой испытаний процедура проведения испытаний включает в себя следующие этапы.

- 1. Определение метрологических и технических характеристик СИ.
- 2. Проверка габаритных размеров и массы.
- 3. Проверка заполнения ИМ.
- 4. Проверка герметичности контейнера.
- 5. Определение производительности (G).
- 6. Проверка относительного отклонения производительности от заданного значения (G).
- 7. Определение относительной погрешности температурного коэффициента.
- 8. Определение диапазона производительности ИМ.
- 9. Определение относительной погрешности производительности ИМ.
- 10. Испытание ИМ в упаковке для транспортирования на влияние транспортной тряски.
- 11. Испытание ИМ в упаковке для транспортирования на влияние повышенной температуры окружающего воздуха.
- 12. Оценка полноты и правильности метрологических СИ в представленной заявителем технической документации.
- 13. Опробование методики поверки.
- 14. Определение интервала между поверками СИ.
- 15. Анализ конструкции СИ.

На основании положительных результатов проведенных испытаний осуществлено внесение ИМ в качестве нового типа СИ в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации как рабочего эталона 1-го разряда для передачи единицы массовой концентрации НДМГ в азоте (в соответствии с [3]).

Заключение

Разработанный ИМ может использоваться в комплексе с большинством из существующих на сегодняшний день газоаналитических и газосмесительных устройств (термодиффузионных генераторах газовых смесей), создавая на выходе такой системы газовую смесь необходимой концентрации с требуемой точностью. Это позволяет улучшить и усовершенствовать существующий процесс реализации обеспечения единства измерений, что, в свою очередь, способствует развитию методов контроля загрязнения воздушной среды несимметричным диметилгидразином.

Литература

- 1. Carlsen Lars, Kenesova Olga A., Batyrbekova Svetlana E. A preliminary assessment of the potential environmental and human health impact of unsymmetrical dimethylhydrazine as a result of space activities // Chemosphere. 2007. V. 67. Is. 6. P. 1108–1116.
- 2. Российская Федерация. Федеральный закон об обеспечении единства измерений. №102-ФЗ. Принят Гос. Думой 11 июня 2008 г.; одобр. Советом Федерации 18 июня 2008 г.
- 3. ГОСТ 8.578-2008. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений содержания компонентов в газовых средах. Введ. 01.03.2009. М.: Стандартинформ, 2009. 13 с.

Рогова Анастасия Андреевна

- Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, студент, korolyok86@mail.ru

Конопелько Леонид Алексеевич

 Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, lkonop@b10.vniim.ru