

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ АВИАЦИОННЫХ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

О.Н. Ильин, Н.З. Султанов,

А.П. Ильина (ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»)

Рассмотрен метод контроля герметичности авиационных и ракетно-космических изделий пробным газом при периодических возмущениях давления пробного газа в устройствах испытаний: испытуемом объекте, трубке горизонтальной и емкости эталонной. Данный метод может широко и успешно применен не только в авиационной отрасли, но и в нефтегазовой.

Ключевые слова: изделие, давление, контроль герметичности, система, автоматизация, горизонтальная трубка.

### Введение

На протяжении последнего десятилетия российские авиационные предприятия производят все более совершенные авиационные и ракетно-космические изделия [1]. Улучшаются тактико-технические характеристики, усложняются конструкции изделий и усложняется технология их изготовления. Ко всем изделиям как при эксплуатации, так и при изготовлении предъявляются жесткие требования, среди которых важнейшим является требование к герметичности изделий. Герметичность является важным условием работоспособности данных изделий, следовательно и надежность их контроля должна быть высокой и точной.

### Анализ методов контроля герметичности изделий

На предприятиях наиболее широко применяются следующие методы контроля герметичности.

*Метод обмыливания* заключается в том, что в полость испытуемого объекта подают сжатый воздух, а проверяемое место смачивают мыльным раствором. Метод широко применяют для контроля герметичности соединений длинных трубопроводов сложной формы.

Достоинством этого метода является простота реализации и доступность, а недостатками: субъективность (контроль производится визуальным осмотром, поэтому результат контроля зависит от добросовестности, опыта, здоровья человека), низкая универсальность, имеет течеискательный характер (дает информацию только о местоположении дефекта), требует контакта с водой, вызывающей коррозию большинства изделий из металла [2].

*Контроль герметичности галойдным течеискателем.* При проверке герметичности внутрь испытуемого изделия подают

по трубке фреон под избыточным давлением. Затем к предполагаемому месту негерметичности подносят щуп течеискателя, в котором создается разрежение вентилятором с электродвигателем. Щуп засасывает в себя воздух и вместе с ним фреон, выходящий наружу через негерметичное место. Воздух вместе с фреоном проходит между платиновыми электродами датчика. При этом датчик течеискателя вырабатывает электрический сигнал. Этот сигнал, снимаемый с датчика, усиливается и подается одновременно на указатель и динамик для звуковой сигнализации. Таким образом, специалист видит величину утечки фреона по указателю, слышит, что изделие негерметично в месте нахождения в данный момент щупа течеискателя. Достоинством данного метода является достаточно высокая точность определения негерметичности, а недостатком — высокая стоимость оборудования и трудоемкость [3].

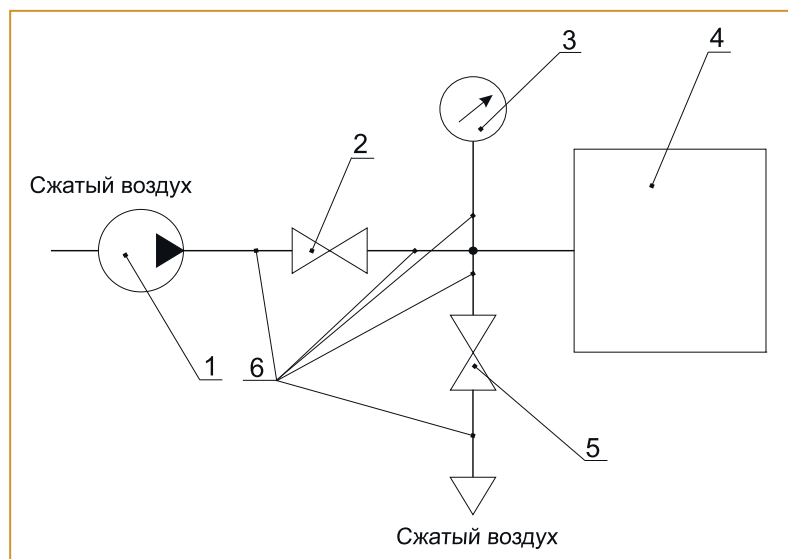


Рис. 1. Принципиальная схема контроля герметичности изделий на предприятиях

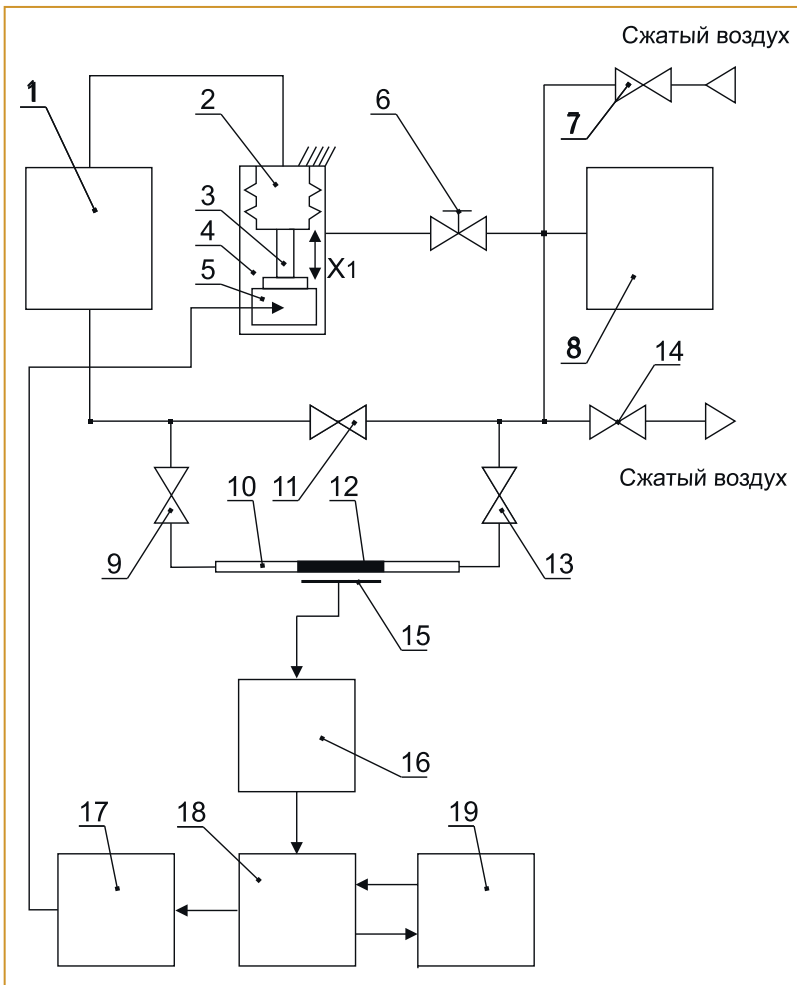


Рис. 2. Принципиальная схема автоматизированного контроля герметичности авиационных и ракетно-космических изделий

Манометрический метод контроля герметичности изделий основан на регистрации изменения испытательного давления пробного газа в результате имеющих в изделии неплотностей [4]. Методика и оценка результата испытания изделия на герметичность проводится в соответствии с требованиями паспорта, регламента и нормативной документацией на изделие.

На рис. 1 представлена схема манометрического метода контроля герметичности изделий на предприятиях.

Контроль герметичности изделий путем регистрации изменения испытательного давления пробного газа в испытуемом объекте выполняется в следующей последовательности.

Перед началом проверки изделия на герметичность необходимо подготовить испытуемый объект в соответствии с принципиальной схемой (рис. 1). Когда схема будет собрана, нужно перекрыть вентиль 5. При помощи источника сжатого воздуха 1 по трубопроводам 6 создается избыточное давление в испытуемом объекте 4. После установки нужной величины избыточного давления (величина избыточного давления для каждого изделия регламентирована и прописана в паспорте и в нормативных документах на изделие)

вентиль 2 закрывают. Система выдерживается при этом давлении в течение времени, достаточном для осмотра и проверки на герметичность всех соединений изделия, но не менее 30 мин. При этом герметичность стыков проверяется нанесением на них водной эмульсии нейтрального мыла, а давление контролируется по манометру. После проверки герметичности необходимо стравить воздух путем открытия вентиля 5. Испытуемый объект считается герметичным, если давление воздуха заданного значения в течение всего времени остается в системе постоянным. Данный способ проверки герметичности авиационных изделий не автоматизирован и не имеет устройства автоматизированного контроля герметичности, характеризуется трудоемкостью и занимает много времени [5].

**Разработка автоматизированного метода контроля герметичности изделий**

В работе [6] представлен метод автоматизированного контроля герметичности изделий в устройствах испытаний: горизонтальной трубке, эталонной емкости и испытуемом объекте. Данный метод выполняется двумя подсистемами: подсистемой автоматизированного измерения герметичности изделия с использованием трубки горизонтальной и автоматизированной подсистемой управления амплитудой периодических возмущений давления пробного газа.

Принципиальная схема устройства автоматизированного контроля герметичности изделий с использованием трубки горизонтальной изображена на рис. 2. Это устройство состоит из: емкости эталонной 1; сильфонного электромагнитного исполнительного устройства (СЭИУ), которое в свою очередь включает сильфон 2, якорь 3, камеру 4, электромагнит 5 (необходим для колебания якоря 3, который создает возмущение давления пробного газа в испытуемом объекте, горизонтальной трубке и эталонной емкости); вентилях 6, 7, 9, 11, 13, 14; испытуемого объекта 8; трубки горизонтальной 10 с жидкостным поршнем 12 и емкостным измерительным преобразователем (ЕИП) перемещения жидкостного поршня в горизонтальной трубке 15; усилителя сигналов 16 от ЕИП 15; усилителя постоянного тока 17, прибора связи с объектом 18 и управляющей ЭВМ 19.

Подсистема автоматизированного контроля и управления герметичности изделий с использованием трубки горизонтальной состоит из подсистем:

— подсистемы автоматизированного контроля герметичности изделий (элементы 1, 8...16, 18, 19) по утечкам, определяемым по разности положений

жидкостного поршня 12 в трубке горизонтальной 10 до начала контроля герметичности и в конце контроля герметичности испытуемого объекта;

— цифровой подсистемы автоматизированного управления амплитудой периодических возмущений давления пробного газа в емкости эталонной 1 и испытуемом объекте 8 (то есть цифровой подсистемы автоматизированного управления амплитудой возмущений перемещения жидкостного поршня 12 в трубке горизонтальной 10), в которую входят элементы 1...19.

Рассмотрим алгоритм работы данной подсистемы (рис. 2).

На первом этапе выполняют анализ динамической чувствительности контроля герметичности изделий с горизонтальной трубкой и выбирают необходимый объем эталонной емкости 1 [7]. Закрывают вентили 14, 9 и 13, открывают вентили 7, 6 и 11 и заполняют пробным газом испытуемый объект 8, камеру 4, в которой находится СЭИУ, и эталонную емкость 1.

Далее, закрывают вентили 7, 6 и 11 и открывают вентили 9 и 3. Подключают в работу подсистему автоматизированного управления амплитудой возмущений давления пробного газа в элементах 1, 8 и 10. Подключают в работу подсистему автоматизированного измерения утечек пробного газа из испытуемого объекта 8, в которую входят устройства 1, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 19. Трижды измеряют минимальные (или максимальные) значения амплитуд отклонения жидкостного поршня 12 в трубке горизонтальной 10 при периодических возмущениях давления газа в устройстве испытаний [8].

Вычисляют разность минимальных (или максимальных) значений амплитуд отклонения жидкостного поршня в трубке горизонтальной, полученных в начале и в конце контроля и управления герметичности испытуемого объекта. По вычисленной разности средних значений амплитуд делают вывод о герметичности испытуемого объекта.

В разработанной подсистеме объем утечек определяется по изменению положения жидкостного поршня в горизонтальной трубке, умноженному на площадь ее поперечного сечения 10. В заключение закрывают вентили 9 и 13, открывают вентиль 14 и выпускают пробный газ из испытуемого объекта 8. Отключают испытуемый объект от устройства контроля и управления герметичности авиационных и ракетно-космических изделий.

#### Заключение

Рассмотрен метод контроля герметичности авиационных и ракетно-космических изделий пробным

газом при периодических возмущениях давления пробного газа в устройствах испытаний: испытуемом объекте, трубке горизонтальной и емкости эталонной. В реализации данного метода используются две основные подсистемы: автоматизированного измерения герметичности изделия с использованием горизонтальной трубки и автоматического управления амплитудой периодических возмущений давления пробного газа при контроле герметичности изделий с использованием горизонтальной трубки. Данный метод может быть широко и успешно применен при контроле герметичности корпусов, баков, отсеков, гидравлических, пневматических систем авиационных и ракетно-космических изделий.

Проведенный анализ наиболее широко применяемых методов контроля герметичности изделий на предприятиях показал, что разработанный автоматизированный способ контроля герметичности изделий не имеет аналога как в РФ, так и за рубежом.

#### Список литературы

1. *Sazhin S.G., Myasnikov V.M.* Classification of leak locating systems // Russian journal of nondestructive testing . 2009. №10. pp.736-739.
2. *Ильин О.Н., Султанов Н.З.* CALS технологии при автоматизации контроля герметичности гидравлической системы вертолета // Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства: материалы. Оренбург. 2016. С. 208-210.
3. *Myasnikov V.M., Sazhin S.G., Kostikov E.S.* Processing a defectoscopic signal during the location of leaks // Russian journal of nondestructive testing . 2012. №7. pp.436-439.
4. *Баумт Т.М.* Машиностроительная гидравлика. Справочное пособие. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Машиностроение. 1971. 672 с.
5. *Hablarian M.H.* Sensitivity of the contra-flow leak detector of high test pressures //Vacuum. 1985. v. 35, №3. pp. 119-123.
6. *Бесекерский В.А., Попов Е.П.* Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1975. 768 с.
7. *Жежеря Н.И., Ильин О.Н.* Проектирование цифровой системы автоматического управления амплитудой периодических возмущений давления пробного газа при контроле герметичности кабины вертолета с использованием горизонтальной трубки // Интернет-журнал науковедение. 2014. №1. С. 64-86. Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/PDF/33TVN114.pdf>.
8. *Жежеря Н.И.* Выбор объема эталонной емкости при испытаниях изделий на герметичность газом с использованием горизонтальной трубки // Альманах современной науки и образования. 2012. № 10. С. 7679.
9. *Куо Б.* Теория и проектирование цифровых систем управления. Перевод с англ. В.Г. Дунаевой, Б.И. Копыловой, А.Н. Косиловой; под ред. д-ра техн. наук проф. П.И. Попова. М.: Машиностроение. 1986. 448 с.

*Султанов Наиль Закиевич — д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Систем автоматизации производства»,*

*Ильин Олег Николаевич — аспирант,*

*Анна Павловна Ильина — магистр ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».*

*Контактный телефон 8-922-843-16-11.*

*E-mail: [ilyin.oleg.n@yandex.ru](mailto:ilyin.oleg.n@yandex.ru)*