

УДК 004.94

Система информационной поддержки испытаний изделий на герметичность

The system of information support of testing products for leaks

Бригинец Е.А.¹

Пожаркова И.Н.²⁻³

канд. тех. наук, доц.

Чубарь А.В.²⁻³

канд. тех. наук, доц.

Лагунов А.Н.³

канд. пед. наук

¹АО «БДО Юникон АП»

²Сибирский федеральный университет

³ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
trev191186@mail.ru

Briginetz E.A.¹

Pozharkova I.N.²⁻³

candidate of technical sciences

Chubar A.V.²⁻³

candidate of technical sciences,

Lagunov A.N.³

candidate of pedagogic sciences

¹BDO Unicon AP AO

²Siberian Federal University

³FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia

Рецензент:

Мурыгин А.В.

д-р. техн. наук, проф.

Аннотация:

Предложена автоматизированная система информационной поддержки испытаний изделий на герметичность. Описаны входящие в состав автоматизированной системы математическая модель объекта испытаний, экспертная система, система контроля и управления, модуль управления системой. Показаны возможности использования предложенной автоматизированной системы для автоматического определения оптимального метода испытаний изделий на герметичность в случаях необходимости обеспечения высокой точности измерений при стендовых испытаниях.

Ключевые слова: информационная поддержка, экспертная система, испытание на герметичность, SCADA-система, автоматизированное рабочее место, компьютерное моделирование.

Abstract:

The proposed automated system of information support of testing products for leaks. Described included in the automated system the mathematical model of the test object, expert system, control system and control the control module. The possibilities of using the proposed automated system for automatically determining an optimal method of testing products for leaks where necessary ensure high-precision measurements for bench testing.

Key words: information support, expert system, leak test, SCADA system, automated workstation, computer modeling.

Введение

Этап испытаний играет важную роль в процессах проектирования и разработки техники в космической отрасли, атомной, химической промышленности, в различных отраслях машиностроения. От результатов стендовых испытаний напрямую зависит надежность изделий во время эксплуатации.

Испытание на герметичность изделий является одной из важных проблем современной науки и техники. Например, создание вакуумных систем для наземной отработки космических аппаратов и моделирования условий космического полета началось одновременно с разработкой ракетно-космической техники и продолжается по мере ее развития и усложнения задач, решаемых средствами космонавтики [4].

Постановка задачи

В условиях производства почти полностью отсутствуют апробированные установки и устройства автоматизированных испытаний на герметичность изделий серийного изготовления. Фактически каждое предприятие такие установки проектирует и изготавливает самостоятельно. В научно-технической литературе не представлены в достаточном объеме результаты теоретических и экспериментальных исследований по проектированию устройств и систем для испытаний на герметичность изделий, выбору рациональных соотношений элементов устройств, методике проведения и оценки испытаний изделий на герметичность [3].

Таким образом, актуальным является решение задачи разработки, доработки и усовершенствования существующих комплексов для испытаний изделий на герметичность, в которых решающее значение имеет выбор наиболее подходящего метода тестирования.

Метод решения

Стендовая отработка изделий на современном этапе невозможна без всеобъемлющего информационного сопровождения. Так, для обеспечения высокой точности измерений при стендовых испытаниях решающее значение имеет правильный выбор методов измерений и применение наиболее совершенной измерительной аппаратуры.

Комплексная автоматизация испытаний требует знаний и описания закономерностей процессов, протекающих во время испытаний, то есть наличия адекватной математической модели.

Предлагаемая автоматизированная система информационной поддержки испытаний изделий на герметичность состоит из четырех модулей:

- математическая модель объекта испытаний, реализованная в компоненте Simulink программного комплекса MATLAB;
- экспертная система (ЭС), выполненная в компоненте FuzzyLogicToolbox программного комплекса MATLAB в виде набора правил определения метода;
- система контроля и управления в виде автоматизированного рабочего места оператора испытаний, выполненная на базе SCADA-системы;
- модуль управления системой, разработанный средствами языка программирования C++, который осуществляет взаимодействие остальных компонентов, представляет пользователю диалоговое окно для введения параметров, выводит графики результатов испытания.

На рис.1 приведена схема газожидкостного устройства как объекта автоматического управления по давлению газа системы испытаний на герметичность изделий. Схема газожидкостного устройства включает в себя трубопровод 1 подвода среды через клапан 2 в емкость 3.

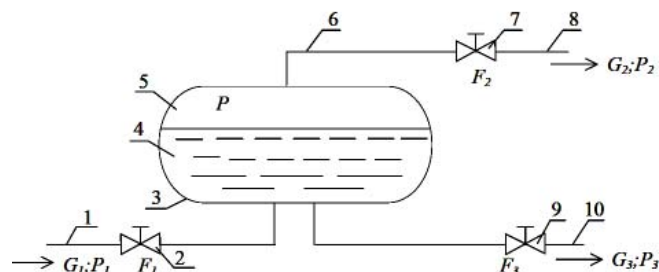


Рис.1. Схема газожидкостного устройства как объекта автоматического управления по давлению газа

В теоретических выкладках, рассматриваемых ниже, принимается, что по трубопроводу 1 поступает газожидкостная смесь. Это позволяет рассматривать различные варианты прохождения по трубопроводу 1 как жидкости, так и газожидкостной смеси с заданными соотношениями газовой и жидкостной фаз.

В нижней части емкости 3 находится жидкость 4, а верхняя часть 5 емкости заполнена газом. По трубопроводам 6, 8 и через клапан 7 отводится из емкости газ, а через клапан 9 и трубопровод 10 отводится из емкости 3 жидкость.

Исходное уравнение динамики газожидкостного устройства, представленного на рис.1, имеет вид:

$$\frac{P}{RT} \frac{dV_r}{dt} + \frac{V_r}{RT} \frac{dP}{dt} = G_1 - G_2 - G_3 \quad (1)$$

где P – давление газа в емкости газожидкостного устройства, Па;

V_r – объем газового пространства в емкости, м³;

R – газовая постоянная, м²•с⁻²•К⁻¹;

T – абсолютная температура газа, К;

G_1 – массовый расход газожидкостной смеси воды и газа, поступающих в емкость, кг/с;

G_2, G_3 – массовые расходы газа и воды, выходящих из емкости, кг/с.

После преобразования уравнения (1) получим операторное уравнение:

$$T_a s X(s) + K_1 X(s) = A(s) - K_2 B(s) - K_3 N(s) + K_5 C(s) + K_6 D(s) + K_7 M(s) + T_b s \Psi(s) \quad (2)$$

где T_a и T_b – постоянные времени, с.,

K_1, K_2, \dots, K_7 – безразмерные коэффициенты.

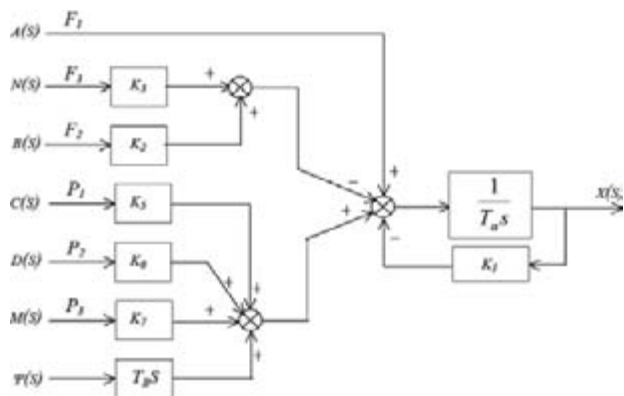


Рис.2. Структурная схема газожидкостного устройства

На рис.2 представлена структурная схема газожидкостного устройства как объекта автоматического управления [6] по давлению газа, со-

ставленная по уравнению (2).

Входами данного объекта являются клапаны, через которые подаются газ, жидкость и газожидкостная смесь. Данные клапаны характеризуются сечением и давлением, определяющими высоту жидкости в трубопроводе.

Модуль математического моделирования процесса испытаний представлен компьютерной моделью, разработанной в компоненте Simulink программного комплекса MatLAB [2], которая соответствует структурной схеме (рис.2).

Для автоматизации испытаний модели использован программный продукт MasterSCADA [1], относящийся к типу SCADA-систем, предназначенных для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных.



Рис.3. Автоматизированное рабочее место оператора

В SCADA-системе реализовано автоматизированное рабочее место оператора, на котором представлены три установки: барокамера, контейнер с жидкостью и обследование при помощи щупа (рис.3), активирующиеся при выборе соответствующего метода испытаний. В зависимости от метода испытаний, результаты будут выводиться на соответствующий индикатор.

Экспертный модуль (рис.4), осуществляющий принятие решения об определении метода испытания при определенных параметрах,

реализован в пакете расширения MATLAB FuzzyLogicToolbox [5].

Эмпирические знания о рассматриваемой проблемной области задаются экспертом в форме эвристических правил. Входными параметрами системы нечеткого вывода являются:

- требования к герметичности;
- тип объекта;
- вид давления;
- ширина и высота объекта.

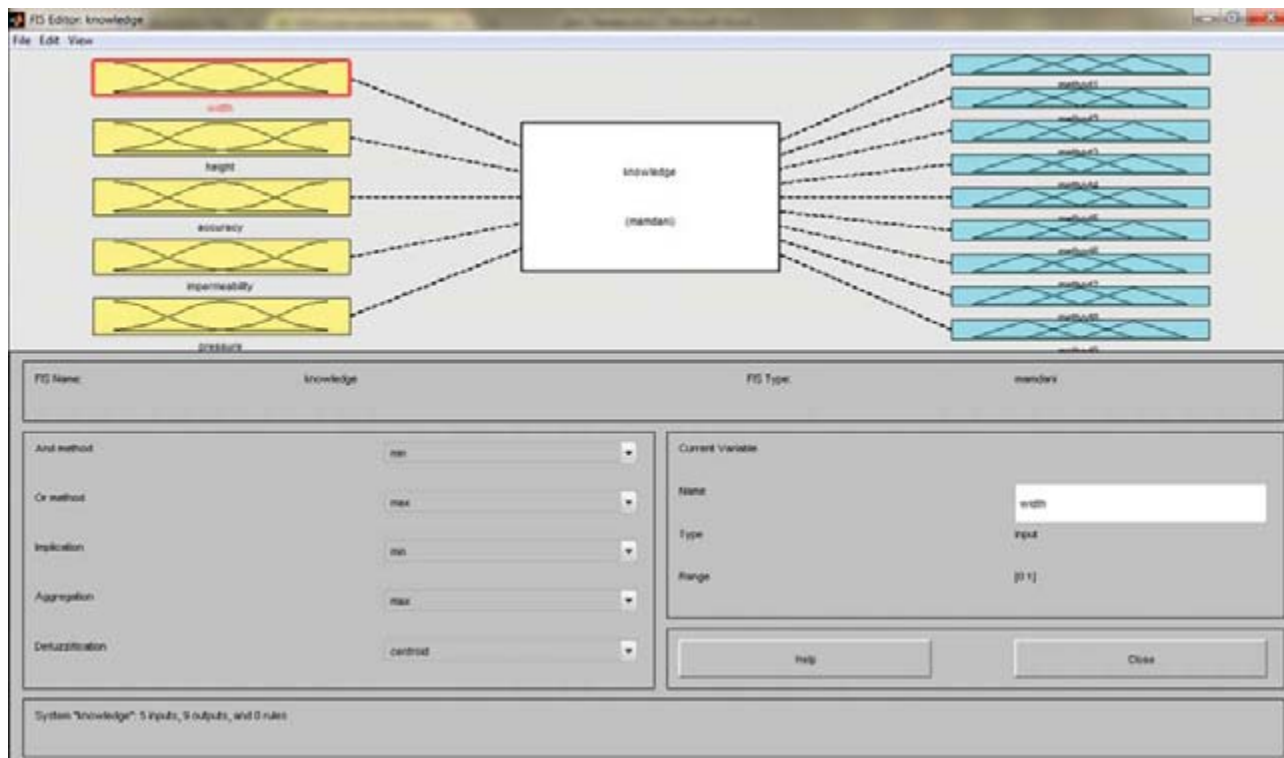


Рис.4. Экспертный модуль

Данные о наиболее подходящем методе тестирования выводятся в главное диалоговое окно системы информационной поддержки испытаний (рис.5), разработанной средствами языка программирования С++, в котором задается информация об объектах либо с помощью окна добав-

ления объекта, либо с использованием функции генерирования случайных параметров объекта. Кроме того, окно системы информационной поддержки испытаний предназначено для удаленного запуска испытания на исполнение в SCADA-систему.

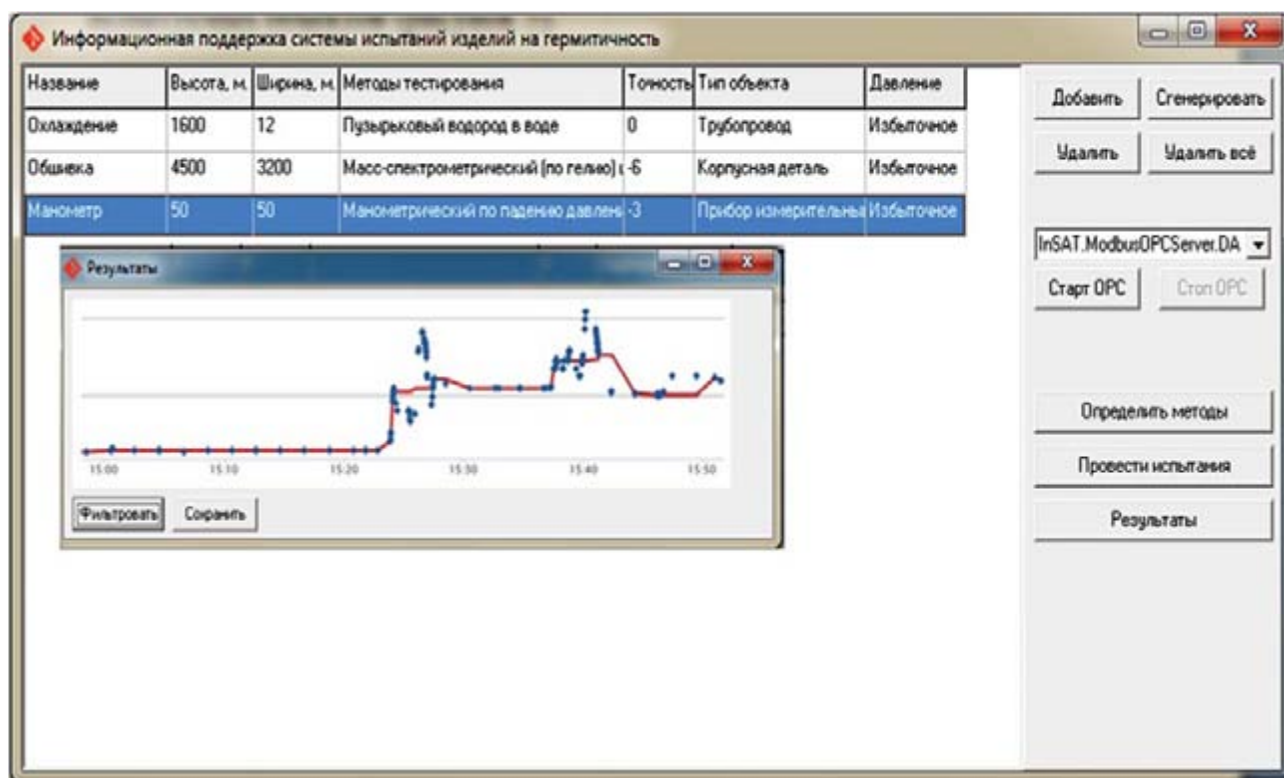


Рис.5. Главное окно системы информационной поддержки испытаний

Результатом работы системы испытаний является график зависимости величины утечки от времени (рис.5). Поскольку все измерительные приборы обладают некоторой погрешностью, обусловленной внешними и внутренними воздействиями, информация, считываемая с измерительных устройств, оказывается искаженной. Чем сильнее зашумлены данные, тем сложнее их обрабатывать и анализировать. Поэтому, для наглядности и удобства, осуществляется сглаживание скачкообразных изменений величины утечки с использованием медианного алгоритма.

Одним из путей совершенствования данной автоматизированной системы является доработка модуля экспертной системы, за счет добавления функции самообучения, что является необходимым условием качественной информационной поддержки испытаний изделий на герметичность. Также возможна доработка модуля испытаний, с целью учета критических значений показателей, по достижению которых, система автоматически дает команду на остановку процесса испытаний. В случае необходимости обработки результатов испытаний и экспорту их во внешние файлы стандартных форматов: excel, pdf, word, txt, в систему могут быть внедрены соответствующие функциональные модули.

Заключение

Основные полученные результаты:

- разработка и реализация математической модели объекта испытаний;
- разработка экспертной системы и наполнение базы знаний правилами;
- реализация автоматизированного рабочего места оператора в SCADA-системе;
- настройка интеграции всех модулей системы;
- моделирование объекта испытаний.

Разработанная автоматизированная система позволяет минимизировать влияние человеческого фактора за счет автоматического определения оптимального метода испытаний изделий на герметичность.

Данная система может представлять интерес для предприятий, занимающихся производством ракетно-космической техники, предприятий атомной, химической промышленности, различных отраслей машиностроения, для которых проблема обеспечения высокой точности измерений при стендовых испытаниях является ключевым фактором.

Литература

1. Веселуха, Г.Л. MasterSCADA — система комплексного учета ресурсов предприятия / Г.Л. Веселуха, Ю.Д. Цукерман // «Автоматизация в промышленности» № 9, 2008.
2. Дьяконов, В. П. MATLAB 6.5SP1 / 7 / 7SP1 / 7SP2 + Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики / Дьяконов В. П., Круглов В. В. – Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2006. – 456 с.
3. Жежера, Н.И. Автоматизация испытаний изделий на герметичность: учеб. пособие / Н.И. Жежера. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 475 с.
4. Кравченко, С.В. Подходы к созданию комплексных систем для отработки и испытания космических аппаратов / С.В. Кравченко // Инженерный журнал: наука и инновации. – Москва, 2013. – № 1(13)/2013 С. 149-176.
5. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH / А.В. Леоненков. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
6. Чубарь, А.В. Математические основы автоматических систем : учеб. пособие / А. В. Чубарь, И. Н. Пожаркова, А. Н. Морозов. – Красноярск : Сиб. гос. аэросмич. ун-т, 2016. – 108 с.