

Моделирование миниатюрного вакуумного клапана на начальных стадиях проектирования

А.В. Звягин, В.С. Еришов, Б.Г. Львов

Москва, Московский государственный институт электроники и математики (МИЭМ)

e-mail: bgl@miem.edu.ru

Развивающаяся быстрыми темпами миниатюризация приборов и оборудования, использующих вакуум в качестве технологической среды или инструмента, предъявила к вакуумным системам качественно новый уровень требований к массогабаритным параметрам и энергопотреблению. В частности, необходимо создать совместимые между собой по функциональным параметрам миниатюрные форвакуумные и высоковакуумные насосы, клапаны, фланцевые соединения и другие компоненты, имеющие размеры от единиц до десятков миллиметров, массу от единиц до нескольких сотен грамм, энергопотребление порядка нескольких ватт, диапазон диаметров условного прохода $0,1 \div 2,0$ мм.

В работе исследуются высоковакуумные миниатюрные клапаны (миниклапаны). Прямое масштабирование на основе известных структурных схем автоматических вакуумных клапанов не приводит к успеху из-за сложности их структуры, что влечет необходимость поиска новых принципов действия миниклапанов. Принцип действия при герметизации и открытии проходных отверстий разрабатываемого клапана основан на прохлопывании упругого элемента с уплотнительной прокладкой, при котором происходит потеря его устойчивости [1]. Для автоматизации клапана был выбран привод, использующий эффект возникновения деформаций в упругой биметаллической пластине под действием нагрева. Для исследования работоспособности и влияния параметров материалов, геометрических характеристик элементов, технологических и эксплуатационных факторов на функциональные параметры миниклапана проведено его компьютерное моделирование.

На рис.1 представлена одна из схем, реализующих новые функционально-структурные модели клапанов, в основе которых лежит принцип совмещения функций элементов.

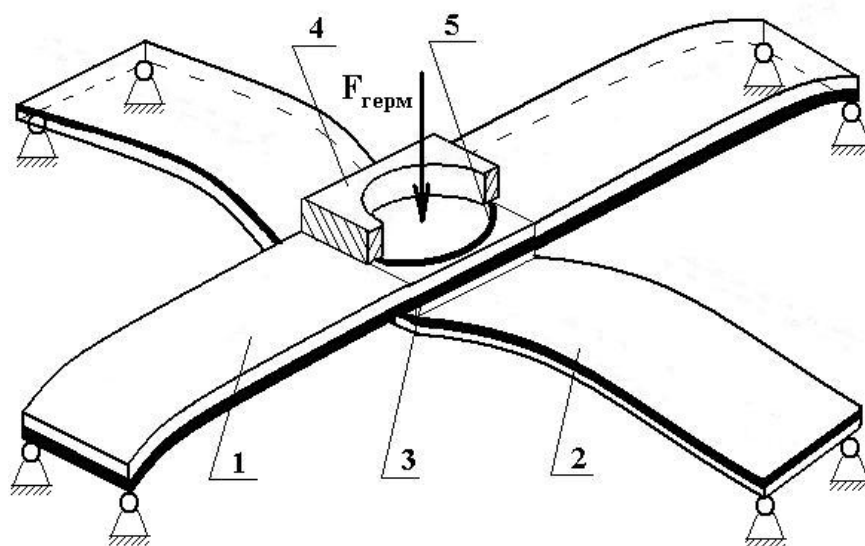


Рис. 1. Схема упруго деформируемого привода в закрытом состоянии миниклапана

Упругодеформируемый привод (рис.1) состоит из двух взаимоперпендикулярных и изолировано скрепленных между собой через элемент 3 упругих прямоугольных

биметаллических пластин 1 и 2, пересечение которых образуют центральную зону с уплотнительной прокладкой 5, взаимодействующей с седлом 4. Торцы пластин соприкасаются шарнирно с корпусом. При сборке упругие элементы привода заневоливают, при этом создается усилие $F_{герм}$, герметизирующее уплотнительную пару "прокладка 5 – седло 4 корпуса".

В процессе проектирования использовалось специализированное программное обеспечение, в основу которого положен метод конечных элементов. Применялся итерационный метод Ньютона-Рафсона и стратегия контроля приращения внешнего воздействия. В качестве тестового примера решалась известная задача устойчивости прямоугольной биметаллической пластины, нагруженной продольно. Погрешность между аналитическим и компьютерным решением составила менее 1%, что подтверждает адекватность процесса моделирования в целом. На рис.2 изображена общая графическая временная зависимость функционирования клапана – перемещение поверхности уплотнительного элемента во времени. Процесс моделирования был разделен на 3 этапа (области 1,2,3 на рис.2).

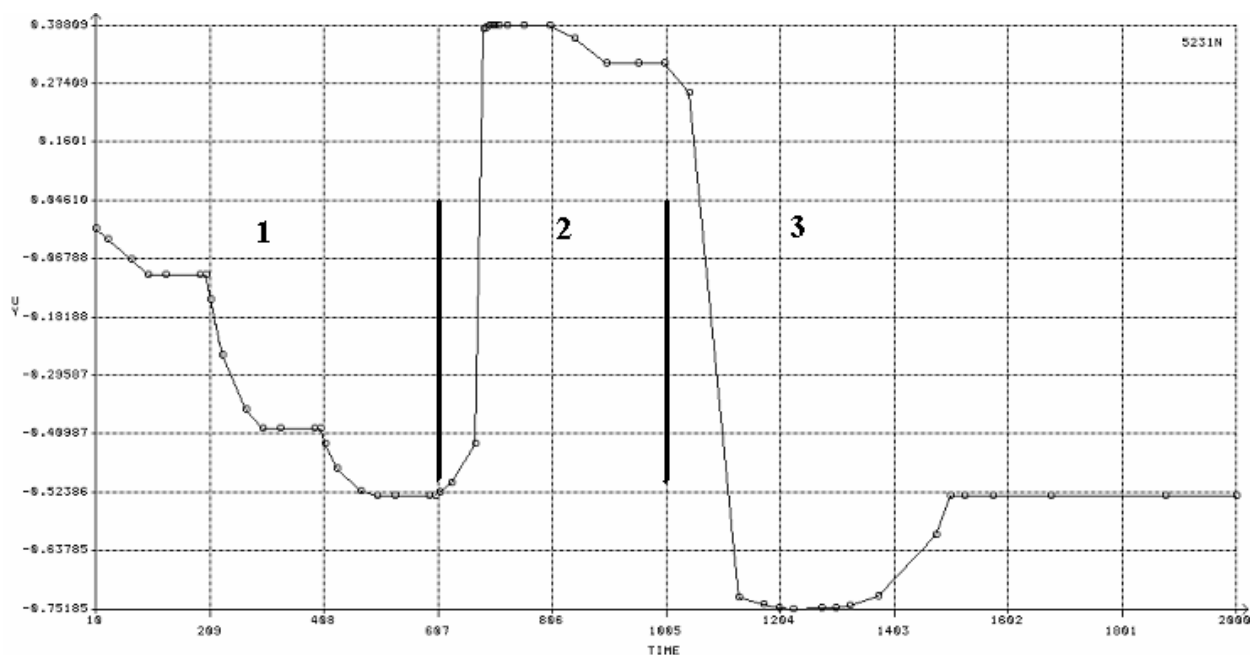


Рис. 2. Временная зависимость функционирования клапана

В результате моделирования установлены:

- на первом этапе - минимально возможное торцевое перемещение заневоливания упругих элементов привода для различных геометрических размеров: длины и ширины биметаллических пластин, толщины слоев пластин, толщины изолирующего элемента, а также для различных значений модулей упругости и коэффициентов Пуассона слоев;
- на втором этапе - для заданной геометрии и значений свойств материалов слоев пластины максимально возможное значение усилия герметизации;
- на третьем этапе - минимальная температура, при которой происходит переход привода клапана из одного устойчивого положения в другое.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Звягин А.В., Львов Б.Г., Ветров В.А. Миниатюрный высоковакуумный клапан. // Матер. X НТК «Вакуум- 2003» в 2-х томах. – Крым. – 2003. – т.2, с.483.