

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА «ПРОГНОЗ-2»

Исайченко В. И., Владимиров А. М.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Зыков В. М., д. т. н., профессор

В современном мире все больше информационных систем, систем связи и систем навигации используют космические аппараты (КА), находящиеся на околоземных орбитах. Вследствие этого возникает необходимость вывода на орбиту Земли все большего числа космических аппаратов. Из-за высокой стоимости КА и вывода его на орбиту Земли, разработчики стремятся максимально увеличить срок активного существования (САС) космического аппарата. Это очень сложная инженерная задача, поскольку на КА воздействуют такие факторы космического пространства (ФКП) как высокий вакуум (до $3 \cdot 10^{-10}$ Торр), перепад температур (от $+120^{\circ}\text{C}$ до -130°C при заходе КА в тень Земли), потоки солнечной радиации (с плотностью энергии до $1,38 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$), а также ионизирующие излучения радиационных поясов Земли. Кроме этого, при движении КА в геомагнитной плазме происходит как поверхностное, так и объемное заряджение конструкционных материалов КА, приводящее к возникновению поверхностных и объемных электрических полей в конструкционных диэлектрических материалах. Результатом воздействия заряженных частиц геомагнитной плазмы (главным образом электронов) на конструкционные диэлектрические материалы являются электростатические разряды, приводящие к электромагнитным помехам и импульсным токовым наводкам в электрических цепях бортовой аппаратуры с амплитудой до 100 А и длительностью переднего фронта до 10 нс. При недостаточных мерах защиты бортовой аппаратуры эти электромагнитные помехи и токовые наводки могут приводить к отказу бортовой аппаратуры. Для оценки, эффективности средств защиты элементов бортовой аппаратуры КА от последствий радиационной электризации на специальных стендах проводятся наземные испытания в условиях имитации значимых факторов космического пространства. Испытательный стенд нового поколения для проведения наземных испытаний элементов и подсистем КА на устойчивость к факторам радиационной электризации под действием электронной компоненты геомагнитной плазмы должен обеспечивать: проведение исследования параметров радиационной электризации элементов КА в условиях воздействия факторов космического

пространства (вакуум, электронное излучение с имитацией энергетического спектра на геостационарной орбите, низкая температура, солнечное излучение); измерение помеховых сигналов в цепях управления испытуемых подсистем КА (таких как система коррекции КА), вызванных электростатическими разрядами; отработку методов и средств защиты от воздействия факторов радиационной электризации.

Примером такого стенда является испытательный стенд «Прогноз-2» Испытательного центра Института неразрушающего контроля Томского политехнического университета (ИЦ ИНК ТПУ), который предназначен для проведения наземных испытаний конструкционных материалов и отдельных подсистем КА в условиях, моделирующих важнейшие ФКП на разных орбитах. Стенд сконструирован, изготовлен и оснащен с учетом многолетнего опыта работы сотрудников лаборатории №52 Испытательного центра Института неразрушающего контроля ТПУ, занимающейся изучением радиационной электризации с 70-х годов прошлого века. В настоящей работе представлены результаты по разработке автоматизированной вакуумной системы стенда «Прогноз-2», которая обеспечивает длительную работу стенда в автономном режиме, что позволяет проводить непрерывные испытания длительностью до суток при имитации радиационных и температурных условий на заданной околоземной орбите.

Вакуумная камера испытательного стенда представляет собой цилиндр диаметром 1000 мм и длиной 1000 мм. Схема вакуумной системы стенда представлена на рисунке 2. Моделирование процессов взаимодействия электронного излучения с диэлектрическими конструкционными материалами КА накладывает ограничения на тип применяемого вакуумного оборудования. Все вакуумные насосы, используемые для откачки камеры стенда и остального оборудования, не должны применять масла или эфиры в качестве рабочего вещества. Такие насосы иногда называют «сухими».

К «сухим» насосам относятся криогенные, механические, турбомолекулярные и адсорбционные насосы. При проектировании системы вакуумной откачки, предусматривалась возможность напуска инертного газа в количестве до $2 \text{ мл} \cdot \text{сек}^{-1}$, что необходимо при испытаниях плазменных двигателей КА в активном режиме. Чтобы при этом обеспечить давление в вакуумной камере порядка $3 \cdot 10^{-6}$ Торр скорость откачки вакуумной системы должна быть порядка $8000 \text{ л} \cdot \text{сек}^{-1}$ по аргону. Такую скорость обеспечивают два криогенных

высоковакуумных насоса CRYO-TORR 400 работающие с гелиевыми компрессорами CRYO-TORR 9600.

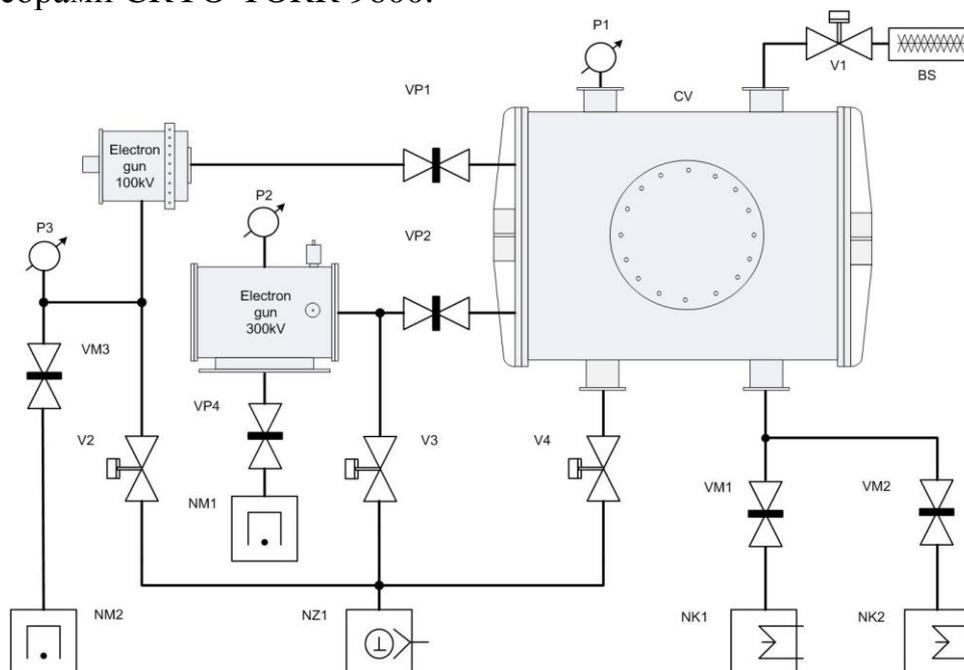


Рис. 2. Схема вакуумной системы стенда «Прогноз-2».

VP1, VP2 – Затвор шиберный НТС 6VB-SS-KF50-P.

VM1, VM2 – Затвор шиберный ВАКМА 23В7 – 400.

VP4 – Затвор шиберный НТС GVB-SS –ISO-160-P.

V1, V2, V3, V4 –Клапан вакуумный НЕС GVB-SS-KF40-P.

NK1, NK2 – Насос высоковакуумный криогенный CRYO-TORR 400.

NZ1 – Форвакуумный насос Kashiyaма NeoDry 30E.

NM1, NM2 – Магниторазрядный охлаждаемый диодный вакуумный насос НМДО – 0,25 (НОРД – 250).

BS – Силикагелевый осушитель.

P1, P2, P3 – Вакуумметры Granville-Phillips 354 Micro-ION.

Автоматический режим работы вакуумной системы используется при ежедневной работе испытательного стенда и подразумевает, что после завершения цикла испытаний в вакуумной камере CV и в электронных пушках сохраняется остаточное давление не менее $1 \cdot 10^{-2}$ Торр.

Таким образом, применяя автоматизацию работы, заметно повышается количество проводимых экспериментов, так как снижено время подготовки и проведения испытаний. Точность и однородность экспериментов становится стабильно-высокой, погрешность уменьшается из-за исключения вероятности ошибки по причине человеческого фактора почти на всех этапах проведения испытаний.

Список информационных источников

1. Розанов Л. Н. Вакуумная техника. - 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк. 1990. — 320 с.
2. Нестеров С.Б., Васильев Ю.К., Андросов А.В. Методы расчета вакуумных систем. — М.: Издательство МЭИ, 2004. — 220 с.
3. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс. – 536с.

ЛЕНТОЧНЫЙ МОМЕНТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ

Полюшко Д.А., Долгих А.Г.

*Томский политехнический университет, г. Томск,
Научный руководитель: Мартемьянов В.М., к.т.н., доцент кафедры
точного приборостроения*

В ряде источников приведены основы принципа работы и конструктивного исполнения моментных двигателей с активным элементом в виде ленточной намотки [1-5]. В общем случае зависимость развиваемого двигателем момента от угла поворота ротора-магнита относительно активного элемента, представлена графиком $M(\alpha)$, совмещенным с фрагментом активного элемента (рис. 1а).

Видно, что развиваемый момент имеет нулевые значения в тех точках, где центры полюсов ротора-магнита совпадают с боковыми вырезами на ленте. В этом случае магнитный поток полюсов взаимодействует с двумя равными, но противоположно направленными совокупностями поперечных токов. Отметим, что возможны две ситуации: неустойчивого положения ротора-магнита и устойчивого. В первом случае будет наблюдаться движение полюсов магнита от нулевого положения при их отклонении на некоторый угол α_{II} , соответствующий пусковому моменту M_{II} , способному преодолеть действие моментов сопротивления; во втором (рис.1в) развиваемые моменты будут стремиться удерживать ротор-магнит в исходном положении.