

И М Е Х

ВОЕНМЕХ

2018

МОЛОДЕЖЬ.
ТЕХНИКА.
КОСМОС

ОБЩЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

II ТОМ



Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
образования
«Балтийский государственный
технический
университет «ВОЕНМЕХ»
им. Д. Ф. Устинова»

В. М. Перепелкин, О. В. Веселов ПОЛУНАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭМС ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В СРЕДЕ MATLAB	185
А. С. Попов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОСАДКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	191
СЕКЦИЯ №6. РОБОТОТЕХНИКА И МЕХАТРОНИКА	195
О. И. Акулов, И. А. Романенко, И. А. Целищев, О. В. Ширококов РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТЕНДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ГЕКСАПОДА	194
А. А. Алексеев, А. В. Горбунов, Е. Б. Коротков, Н. С. Слободзян ЛИНЕЙНЫЙ ПРИВОД ГЕКСАПОДА С ФУНКЦИЕЙ АКТИВНОГО ВИБРОГАШЕНИЯ	196
А. М. Арбиев ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 3D ПЕЧАТИ, ЭКСТРУДЕРЫ ИННОВАЦИОННОГО ТИПА	200
А. В. Баталов, В. А. Немонтов УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СИСТЕМА КРУГОВОГО ОБЗОРА МОБИЛЬНОГО РОБОТА	204
В. В. Батенькин, Г. Г. Коновалов РАЗРАБОТКА ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ОПТИЧЕСКОГО ТИПА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СО ₂	209
В. О. Гончаров, Е. Б. Коротков, Н. С. Слободзян, А. В. Четвертухин СИСТЕМА БЕЗДАТЧИКОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЬНЫМ ПРИВОДОМ	212
И. О. Григорьев МАНИПУЛЯТОРНОЕ УСТРОЙСТВО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА	217
И. О. Гришкевич, С. Н. Мухаммедов, А. И. Плехотнюк, Б. Н. Савельев НАГРУЖАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ЛИНЕЙНЫХ ПРИВОДОВ	223
О. И. Желтышев, В. И. Тимофеева, Г. Т. Джгмадзе МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ГЕКСАПОДОМ	226
О. И. Желтышев, А. О. Турбов, В. В. Зыбина, А. И. Глухих СТЕНД ДЛЯ ОТРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ И ИЗМЕРЕНИЯ УСИЛИЯ СТРАГИВАНИЯ ШТОКА ЛИНЕЙНОГО ПРИВОДА	230
Ю. В. Жигулина, А. В. Киев, А. А. Киселев, М. И. Надеждин СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГЕКСАПОДОМ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	234
И. А. Загородний ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О РОБОТОТЕХНИКЕ У ДЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ С КОНСТРУКТОРАМИ LEGO WEDO 1.0, LEGO WEDO 2.0	239
А. А. Кобзев, А. В. Лекарева, О. С. Сидорова ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМАХ С КОМПЛЕМЕНТАРНОЙ КОРРЕКЦИЕЙ УПРАВЛЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	242
А. А. Кобзев, О. С. Сидорова, А. В. Лекарева БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РУКИ ОПЕРАТОРА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА	249
К. В. Коптелова, Ю. Е. Мишулин МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА	255

2. Крюкова, Б.И. Динамика машинного агрегата: Учеб. Пособие / Под ред. Б.И. Крюкова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1987. – 76 с.
3. Пилипенко, С.С. Удельная работа сил резания проката ножницами / С.С. Пилипенко, М.Р. Байгузин, А.П. Потапенков // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2016. Том 59. № 8. С. 531 – 535.

УДК 681.5

НАГРУЖАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ЛИНЕЙНЫХ ПРИВодОВ

И. О. Гришкевич, С. Н. Мухаммедов*, А. И. Плехотнюк, Б. Н. Савельев

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова

В Балтийском государственном техническом университете «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и АО «ИСС» им. академика М.Ф. Решетнёва ведётся совместная разработка устройства высокоточного позиционирования навигационных объектов – гексапода. НИОКР выполняется при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в организации Головного исполнителя НИОКР ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, договор от 01.12.2015 №02.G25.31.0160.

В настоящий момент одним из перспективных направлений развития современного оборудования является использование механизмов с параллельной кинематикой. Широко известен опыт их применения в качестве позиционирующих устройств, манипуляторов, вибрационных стендов, тренажеров, измерительных комплексов и т.д. Такие устройства по сравнению с механизмами, не использующими структуру с параллельной кинематикой, имеют ряд основных преимуществ: высокая точность позиционирования рабочего органа, более высокая жесткость системы, лучшая грузоподъемность, высокие скорости и ускорения рабочего органа. Ряд систем космической техники требует высокой точности позиционирования в космическом пространстве. Например, бортовые радиотелескопы, применяемые для изучения электромагнитного излучения астрономических объектов. Решение проблемы их точного позиционирования и ориентирования достигается с помощью механизма с параллельной кинематикой с шестью степенями свободы, называемый платформой Стюарта или Гексаподом [1]. Устройство предназначено для работы под комплексным воздействием факторов космического пространства и факторов выведения и эксплуатации в составе КА, таких как глубокий вакуум, невесомость, вибрации, удары, пыль, электромагнитные и корпускулярные излучения, широкий диапазон тепловых нагрузок, влияние гравитационных полей планет и звезд.

Гексапод имеет шесть идентичных независимых друг от друга линейных приводов (ЛП) – «ног», которые с помощью шарниров соединяют подвижную (верхнюю) и неподвижную (нижнюю) платформы. Управляя линейными приводами, можно варьировать длину ног и менять тем самым ориентацию верхней платформы. Кинематическая схема, приведенная на рисунке 1, раскрывает принцип работы ЛП. Двигатель поз. 2 приводит во вращение ротор датчика поз. 1 и генератор волнового редуктора поз. 3, который в свою очередь приводит в движение гибкое колесо, которое совершает вращательное движение за счет того, что жесткое колесо остается фиксированным, затем вращательное движение передается винтовому механизму поз. 4 путем жесткого сочленения, который в свою очередь преобразует вращательное движение в поступательное посредством ШВП. Гайка жестко соединена со штоком линейного привода поз. 5, который поддерживается в осевом направлении линейным подшипником.

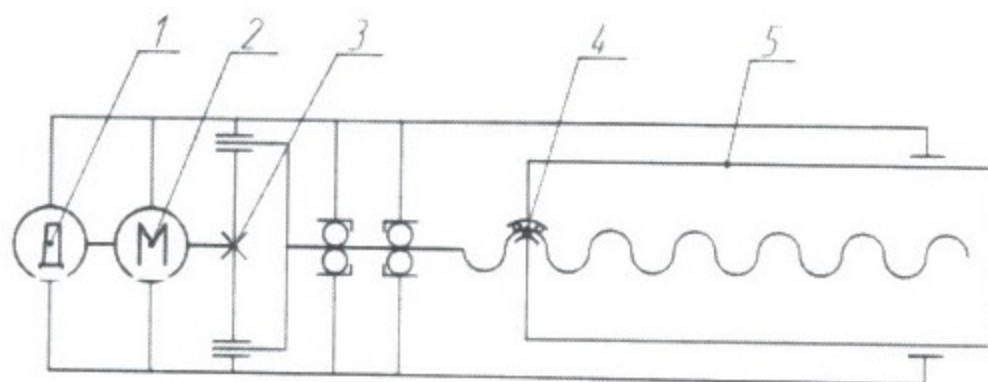


Рис. 1. кинематическая схема линейного привода

ЛП создаваемого гексапода должны сохранять работоспособность и стабильность функционирования в условиях воздействия открытого космоса и должны обеспечивать необходимый диапазон рабочих ходов, малую дискретность линейного перемещения, удовлетворять заданной осевой жесткости, развивать требуемое усилие на штоке.

Разработка приводов, работающих в условиях влияния космических воздействий, неразрывно связана с комплексом их испытаний. При этом натурные испытания в составе гексапода и всего летательного КА практически невозможны. Для экспериментальной отработки, подтверждения прочности и надежности функционирования элементов системы целесообразно использовать стендовые испытания с искусственным воспроизведением основных эксплуатационных воздействий в земных условиях [2]. К испытательному оборудованию относятся средства имитации нагрузки ЛП, средства воспроизведения условий испытаний, такие как барокамеры, термокамеры, вибростенды и др. В качестве оборудования для имитации нагрузки было разработано нагрузочное устройство. В результате анализа задач испытаний, режимов работы ЛП в составе гексапода, условий его эксплуатации и испытаний были выделены основные параметры нагрузочного устройства:

- – усилия, развиваемые нагружающим звеном;
- – скорость хода нагружающего звена;
- – диапазон хода нагружающего звена;
- – дискретность датчика линейного положения;
- – устройство должно функционировать в условиях глубокого вакуума;
- – диапазон рабочих температур;
- – габариты стенда не должны быть минимальны.

Последнее требование объясняется использованием его при размещении нагрузочного стенда в устройствах, воспроизводящих комплекс условий эксплуатации: термо- и барокамерах, вибрационных стендах и т.д. Кинематическая схема нагрузочного устройства представлена на рисунке 2. Шаговый двигатель поз.7 через сильфонную муфту поз.6 связан со шлифованной шарико-винтовой парой поз.5, которая располагается в основании нагрузочного устройства. Шарико-винтовая пара преобразует момент в осевую силу, которая через датчик усилия 3 передается на платформу, установленную на линейные подшипники 2 и 4, обеспечивающие плавность хода платформы и требуемый диапазон перемещения. Платформа передает усилие на линейный привод, который упирается в плоскость упора 1. Датчик положения ротора двигателя поз.8 устанавливается опционально. На поз.9 изображен испытуемый ЛП.

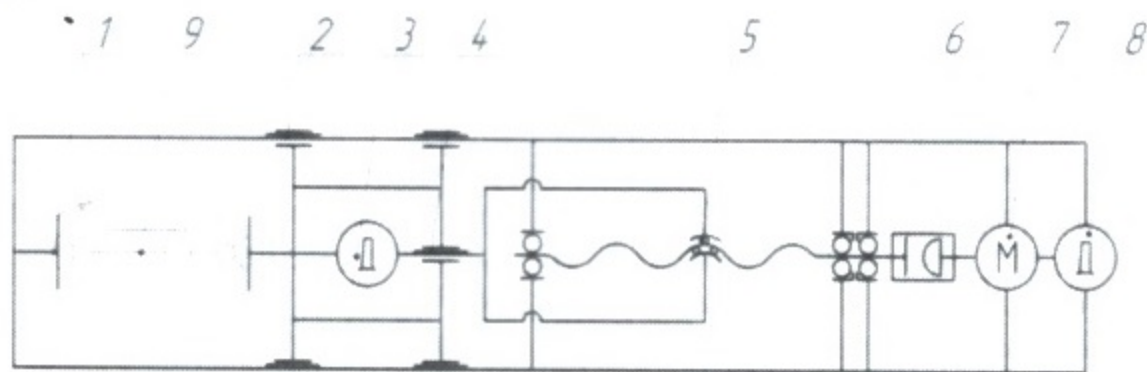


Рис. 2. Кинематическая схема нагрузочного устройства

Такое техническое решение реализует принцип взаимного нагружения и позволяет построить систему автоматического воспроизведения (САВ) нагрузочных воздействий и определить основные характеристики ЛП:

- Кинематическая погрешность позиционирования ЛП;
- Осевая жесткость ЛП;
- Усилие, развиваемое ЛП.

Реализующая предложенное техническое решение конструкция нагрузочного устройства представлена на рисунке 3. Конструкция основана на нескольких сборочных единицах. Основание поз. 1 представляет собой сборочную рамную конструкцию, в которой располагается привод нагрузочного устройства и рельсовые направляющие, по которым перемещается платформа поз. 2, передающая нагрузку непосредственно на линейный привод поз.4. Платформа представляет собой сборочную дюралюминиевую конструкцию, служащую базой для датчиков усилия и перемещения. Опорой для линейного привода является сварной упор поз. 3, изготавливаемый из стали.

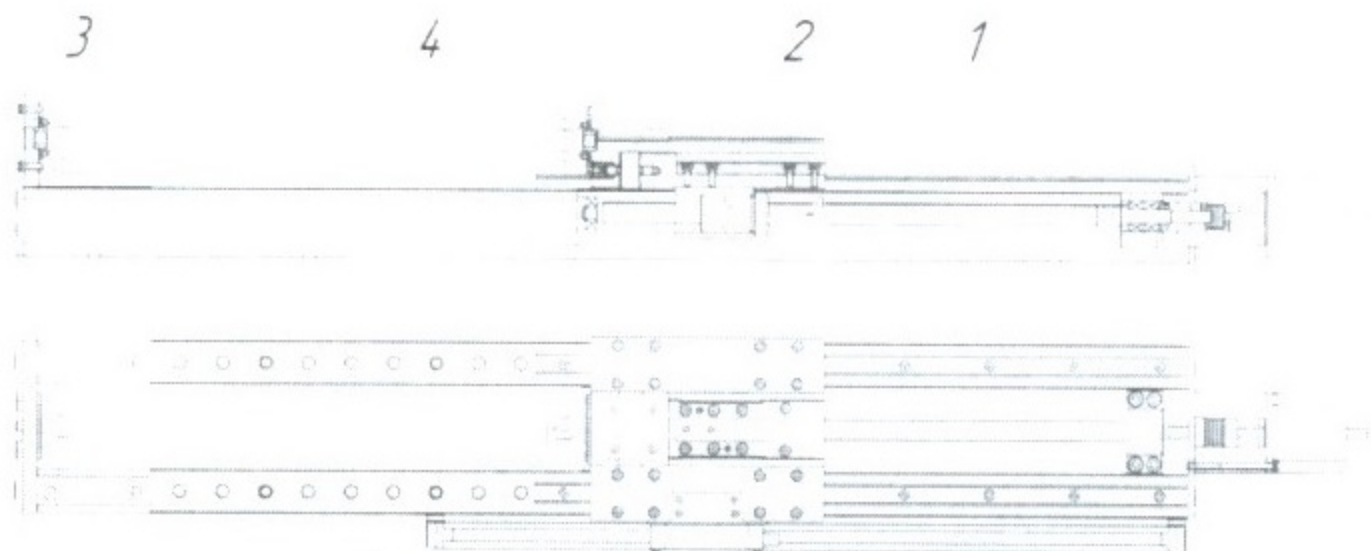


Рис. 3. Конструкция нагрузочного устройства

Стенд для испытаний ЛП представляет собой комплекс измерительного, обрабатывающего и нагружающего оборудования, позволяющих применять его как в составе с вакуумной камерой, так и без нее. Нагрузочное устройство входит в состав автоматизированного стенда для испытаний ЛП гексапода. Функциональная схема стендового оборудования представлена на рисунке 4.

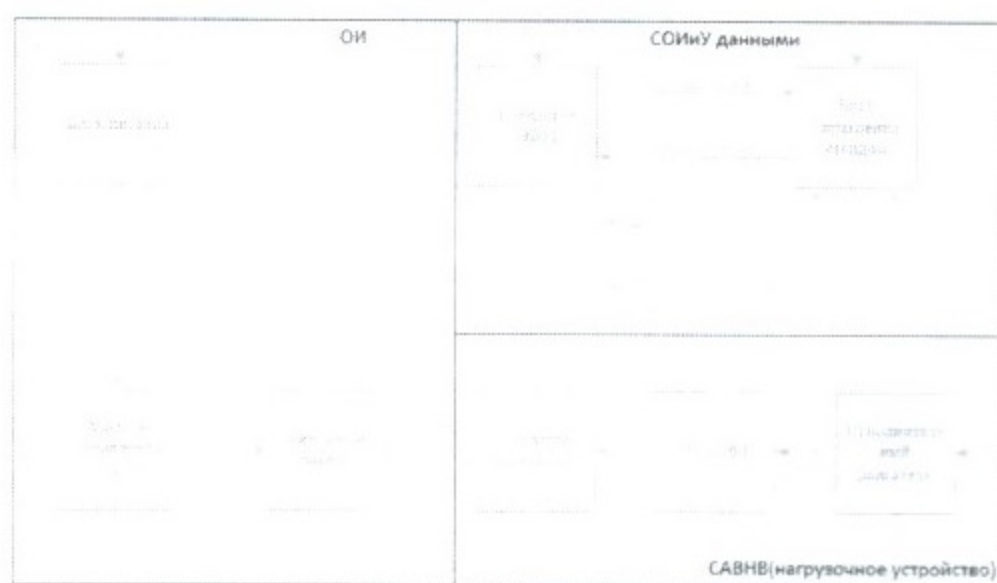


Рис. 4. Функциональная схема стендового оборудования

К средствам измерения относятся следующие технические устройства. На боковой части нагрузочного устройства установлен абсолютный датчик линейного положения ЛИР-ДА07, представленный на рисунке 5, с помощью которого оценивается осевая деформация линейного привода.

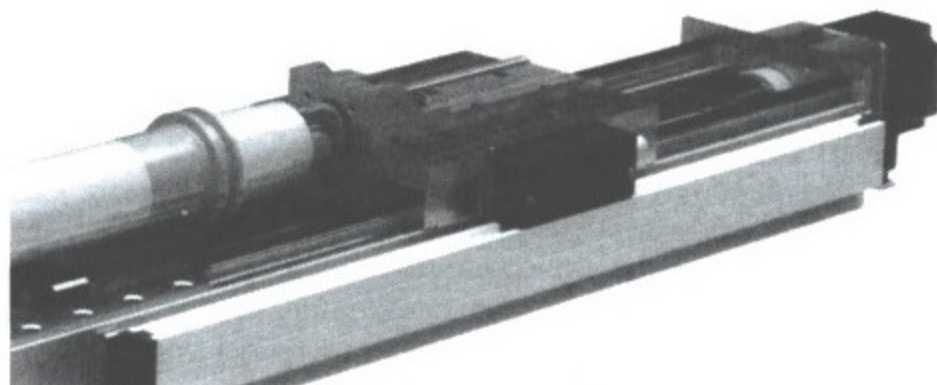


Рис. 5. ЛИР-ДА07

Датчик усилия MLT-SS-100kg, представленный на рисунке 6, служит для измерения усилия, передаваемого на линейный привод. Обладает малыми размерами и широким диапазоном измерения.



Рис. 6. Датчик усилия MLT-SS-100kg

В ходе разработки особое внимание уделено проектированию и эксплуатации испытательных стендов с большой степенью автоматизации для воспроизведения комбинированных воздействующих факторов, применению современных цифровых систем управления процессами испытаний, измерительно-вычислительных комплексов и систем обработки и получения информационных данных, позволяющих сократить общую продолжительность экспериментальной отработки, более точно воспроизводить реальное нагружение элементов конструкции и повысить качество создаваемых изделий.

Библиографический список

1. Stewart D., A Platform with Six Degrees of Freedom. UK Institution of Mechanical Engineers Proceedings. 1965, vol. 180, part 1, no. 15.
2. Кочубиевский И.Д., Стражмейстер В.А., Калиновская Л.В., Матвеев П.А. Динамическое моделирование и испытания технических систем. 1978

УДК 519.677

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ГЕКСАПОДОМ

О. И. Желтышев, В. И. Тимофеева, Г. Т. Джгамадзе

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова

В настоящее время в космической отрасли активно развивается разработка устройств высокоточного позиционирования. В Балтийском Государственном Техническом Университете «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и АО «ИСС» им. академика М.Ф. Решетнёва ведётся совместная разработка устройства высокоточного позиционирования навигационных объектов – гексапода. НИОКТР выполняется при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в организации Головного исполнителя НИОКТР ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, договор от 01.12.2015 г. № 02.G25.31.0160. Гексапод предназначен для работы в открытом космосе в составе космического аппарата. Задачей гексапода является позиционирование крупногабаритной антенны для наведения её на область поверхности Земли. Гексапод состоит из электромеханической части – неподвижного основания, шести линейных приводов и подвижной платформы, и блока управления гексаподом. [1].

К устройствам, предназначенным для работы в открытом космосе предъявляются особые требования по устойчивости к внешним воздействиям. Одним из требований является устойчивость к возникновению резонанса конструкции при внешнем вибрационном воздействии, которому подвергается гексапод при выводе на околоземную орбиту в составе космического аппарата. Для проверки устойчивости к возникновению резонанса, проводится модальный анализ с целью определения собственных частот.

Объектом исследования данной работы является блок управления гексаподом, состоящий из 16 печатных плат, обеспечивающих управление положением подвижной платформы, установленных в составном корпусе с изолирующими прокладками и нагревательными элементами.

Целью данной работы является оценка собственных частот блока управления для подтверждения устойчивости конструкции к возникновению резонанса. При расчёте определяются шесть первых частот колебаний. Для обеспечения устойчивости блока управления гексаподом первая частота собственных колебаний должна быть не менее 450 Гц, что гарантирует трехкратный запас устойчивости к резонансу. Если первая собственная частота находится в диапазоне менее 150 Гц,