

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT

№ 4557

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL



(21) 2019/0815.2

(22) 19.09.2019

Қазақстан Республикасы Пайдалы модельдер мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні / Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан / Date of the registration in the State Register of Utility Models of the Republic of Kazakhstan: 19.12.2019

(54) Жер серігі және пилотсыз ұшу аппараттарының бағдарлау жүйесін жер үстінде сынауға арналған аппаратты-бағдарламалы кешен

Аппаратно-программный комплекс для наземных испытаний системы ориентации спутников и беспилотных летательных аппаратов

Hardware-software complex for ground tests of satellite and unmanned aerial vehicle orientation system

(73) "Ғарыштық техника және технологиялар институты" еншілес жауапкершілігі шектеулі серіктестігі (KZ)

Дочернее Товарищество с ограниченной ответственностью "Институт космической техники и технологий" (KZ)

Affiliated association with limited responsibility "Institute of Space Technique and Technology" (KZ)

(72) Молдабеков Мейрбек (KZ)

Ахмедов Даулет Шафигуллович (KZ)

Елубаев Сулеймен Актлеуович (KZ)

Бопеев Тимур Маратович (KZ)

Сухенко Анна Сергеевна (KZ)

Шамро Александр Валентинович (KZ)

Шаповалова Дарья Леонтьевна (KZ)

Қаметқанова Айжан Берікқызы (KZ)

Борашова Шолпан Маликовна (KZ)

Фоменко Анастасия Евгеньевна (KZ)

Moldabekov Meirbek (KZ)

Akhmedov Daulet Shafigullovich (KZ)

Yelubaev Suleimen Aktleuovich (KZ)

Bopeyev Timur Maratovich (KZ)

Sukhenko Anna Sergeyevna (KZ)

Shamro Aleksandr Valentinovich (KZ)

Shapovalova Darya Leontyevna (KZ)

Kametkanova Aizhan Berikkyzy (KZ)

Borashova Sholpan Malikovna (KZ)

Fomenko Anastasiya Yevgenyevna (KZ)



ЭЦҚ қол қойылды

Подписано ЭЦП

Signed by EDS

Е. Оспанов

Y. Ospanov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE



ҚР ӘМ «Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК
РГП «Национальный институт
интеллектуальной собственности» МЮ РК
National Institute of Intellectual Property,
Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan

Нұр-Сұлтан қаласы, Қорғалжын тас жолы, 3Б ғимараты
город Нур-Султан, шоссе Коргалжын, здание 3Б
Nur-Sultan, Korgalzhyn highway, 3B Building
Телефон / Telephone number: +7 (7172) 62-15-15

E-mail: kazpatent@kazpatent.kz
[http:// www.kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)

Патентті күшінде ұстау ақысы уақытылы төленген жағдайда,
патенттің күші Қазақстан Республикасының бүкіл аумағында қолданылады.
Действие патента распространяется на всю территорию Республики Казахстан
при условии своевременной оплаты поддержания патента в силе.

Subject to timely payment for the maintenance of the patent in force
the effect of the patent extends to the entire territory of the Republic of Kazakhstan.

«ҰЗМИ» РМК веб - порталында Қазақстан Республикасы Пайдалы модельдер мемлекеттік
тізілімі белімінде пайдалы модель патентіне толық сипаттамасы қолжетімді.

Полное описание полезной модели к патенту
доступно на веб-портале РГП «НИИС» в разделе «Государственные реестры
полезных моделей Республики Казахстан».

Full description of the patent is available on the NIIP web portal in the State Register of Utility Models
of the Republic of Kazakhstan section.



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) U (11) 4557
(51) B64G 7/00 (2006.01)
G01C 25/00 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2019/0815.2

(22) 19.09.2019

(45) 20.12.2019, бюл. №51

(72) Молдабеков Мейрбек; Ахмедов Даулет Шафигуллович; Елубаев Сулеймен Актлеуович; Бопеев Тимур Маратович; Сухенко Анна Сергеевна; Шамро Александр Валентинович; Шаповалова Дарья Леонтьевна; Каметқанова Айжан Берікқызы; Борашова Шолпан Маликовна; Фоменко Анастасия Евгеньевна

(73) Дочернее Товарищество с ограниченной ответственностью "Институт космической техники и технологий"

(74) Троицкая Наталья Ильинична

(56) RU 2351899 C1, 10.04.2009

(54) **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ СПУТНИКОВ И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

(57) Полезная модель относится к программно-аппаратным комплексам наземных испытаний системы ориентации спутников и беспилотных летательных аппаратов и предназначена для отработки и проверки в наземных условиях работоспособности и технических характеристик системы ориентации малых спутников (МС) и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Кроме того комплекс может быть применен в процессе обучения студентов ВУЗ-ов по космическим специальностям в качестве демонстрационного и лабораторного оборудования для исследования особенностей работы систем ориентации летательных аппаратов.

Технический результат заключается в разработке аппаратно-программного комплекса для наземных испытаний системы ориентации спутников и

беспилотных летательных аппаратов, разработанного на базе карданного подвеса, обеспечивающего три степени свободы по каждой оси без ограничений и содержащего систему независимых измерений, позволяющего проводить отработку и проверку работоспособности и технических характеристик систем ориентации как самих малых спутников и БПЛА массой до 10 кг, так и отдельно их модулей системы ориентации в условиях максимально приближенных к реальным.

Предложен аппаратно - программный комплекс для наземных испытаний системы ориентации спутников и беспилотных летательных аппаратов, включающий трёхосный стенд, содержащий основание, первую раму, установленную с возможностью поворота во второй раме, вторую раму, установленную в третьей раме с возможностью поворота и третью раму, установленную с возможностью поворота на основании, таким образом, что оси вращения первой рамы относительно второй, ось вращения второй рамы относительно третьей и ось вращения третьей рамы относительно основания перпендикулярны и пересекаются в одной точке; и устройство обеспечения обратной связи с системой управления, включающую в себя комплекс программного обеспечения,; систему независимых измерений, расположенную вне конструкции стенда, и технологическое программное обеспечение; при этом первая рама дополнительно оснащена платформой с системой автономного питания, системой беспроводной передачи данных, системой балансировки, кроме того, сочленения рам друг относительно друга выполнены по принципу карданного подвеса.

(19) KZ (13) U (11) 4557

Полезная модель относится к программно-аппаратным комплексам наземных испытаний системы ориентации спутников и беспилотных летательных аппаратов и предназначена для отработки и проверки в наземных условиях работоспособности и технических характеристик систем ориентации малых спутников (МС) и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Кроме того, комплекс может быть применен в процессе обучения студентов ВУЗ-ов по космическим специальностям в качестве демонстрационного и лабораторного оборудования для исследования особенностей работы систем ориентации летательных аппаратов.

На начальных этапах проектирования спутников, БПЛА и их подсистем большую роль играет математическое и компьютерное моделирование, но очень важно проверить работоспособность и эффективность аппаратов на натуральных экспериментах с конкретной аппаратной реализацией. Поэтому перед разработчиками встает вопрос о проведении предполетного контроля и тестирования разрабатываемого спутника и его подсистем, позволяющего определить и устранить возможные ошибки и погрешности изготовления технических узлов и разработанного программно-математического обеспечения. Данный вопрос может быть разрешен путем использования различного испытательного оборудования, стендов или комплексов, которые позволяют воспроизводить условия космического пространства в наземных условиях.

Из уровня техники известен комплекс наземной отработки ориентации и навигации, описанный в способе наземной имитации полета космических аппаратов (КА) в космосе (Патент РФ №2527632, кл. В64G 7/00, 2014). Комплекс включает интерфейс управления, систему визуализации, систему моделирования нештатных ситуаций, систему моделирования естественных (природных) помех, систему коммутации и связи, причем соединение типа Ethernet, MIL или RS, соединение типа Wi-Fi, внешние связи, внешние интерфейсы связи, систему моделирования полета КА в космическом пространстве, систему управления имитаторами, имитаторы звездного неба, имитаторы Солнца, имитаторы планет, в том числе Земли и Луны, динамический модуль и имитатор сигналов спутниковых навигационных систем. Через внешние связи комплекс наземной отработки систем ориентации и навигации КА связан с тестируемым КА, который состоит из системы управления ориентацией навигации, связанной с аппаратурой навигации и ориентации, а именно со звездными датчиками, гироскопами, солнечными датчиками, датчиками планет (в том числе Земли и Луны), приемниками ГЛОНАСС и/или GPS. Всем комплексом управляет оператор, или управление осуществляется автоматически.

Но в известном комплексе не заложена возможность физической имитации вращательного движения испытываемого объекта с помощью исполнительных органов, а только программное

моделирование его управляемого вращательного движения, что позволяет проводить отработку только системы определения ориентации КА на базе датчиков ориентации и исключает возможность проведения в полной мере наземной отработки системы управления ориентацией КА и БПЛА на базе датчиков ориентации и исполнительных органов.

Из уровня техники известен также комплекс наземной отработки систем ориентации и навигации космического аппарата (Патент РФ полезную модель №129082, кл. В64G 7/00, 2014), состоящий из интерфейса управления с системой коммутации и связи, динамического модуля в виде вращающейся платформы с возможностью поворота по трем взаимно перпендикулярным осям, имитатора Солнца и имитаторов небесных тел, в том числе Земли. Комплекс содержит систему моделирования полета КА в космическом пространстве, систему визуализации, систему моделирования нештатных ситуаций, систему моделирования природных помех, систему управления имитаторами, имитатор сигналов спутниковых навигационных систем, внешние интерфейсы связи, причем имитаторы небесных тел содержат имитаторы звездного неба, планет и Луны, а интерфейс управления связан с системой визуализации, система моделирования нештатных ситуаций и система моделирования природных помех связаны с системой моделирования полета КА в космическом пространстве, которая взаимосвязана с интерфейсом управления и внешними интерфейсами связи и связана с системой управления имитаторами, связанной с имитаторами звездного неба, с динамическим модулем, с имитаторами Солнца и имитаторами планет, в том числе Земли и Луны, и с имитаторами сигналов спутниковых навигационных систем.

Известный комплекс производит программное моделирование полета КА в соответствии с различными его режимами полета с учетом нештатных ситуаций, природных помех, сигналов спутниковых навигационных систем, что позволяет проводить отработку датчиков системы ориентации, таких как звездный датчик, солнечный датчик, датчик угловых скоростей, но исключает возможность отработки исполнительных органов системы ориентации, приводящих КА во вращательное движение.

Известный трехосный динамический поворотный стенд (Патент РФ на полезную модель №169585, кл. G01C 25/00, 2017), включает основание, установочную площадку, размещенную с возможностью вращения на внутренней оси и установленную во внутренней раме, сервопривод и датчик углового перемещения на оси внутренней рамы, сервопривод и датчик углового перемещения на оси установочной площадки, блок управления и контроля, содержащий программируемый логический контроллер, соединенный с операторной панелью и персональным компьютером, кроме того, дополнительную наружную раму с сервоприводом и дополнительным датчиком углового перемещения,

установленную с возможностью вращения на основании, при этом по всем трем осям стэнда установлены скользящие токоподводы, установочная площадка помещена в климатическую камеру, а датчики углового перемещения и сервоприводы подключены к программируемому логическому контроллеру, соединенному с операторной панелью и персональным компьютером.

Однако и этот стэнд, также как и предыдущий, задает определенное движение испытываемого объекта в процессе испытаний с помощью программноуправляемых сервоприводов и, таким образом, может быть использован в основном для наземной отработки, проверки и аттестации измерительных приборов системы ориентации, таких как датчики определения ориентации КА и БПЛА, но не их исполнительных органов.

Наиболее близким к заявляемой модели по совокупности конструктивных признаков является испытательный стэнд для проведения кинематических испытаний (Патент РФ №2351899, кл. G01C 25/00, 2009). Стэнд содержит имитатор невесомости, включающий неподвижное основание, первую раму, установленную с возможностью поворота во второй раме, при этом на первой раме установлен объект испытаний, представляющий собой блок инерциальной информации и содержащий датчики линейных ускорений и датчики угловых скоростей и ускорений, двигатели привода для первой и второй рам и систему управления испытательным стэндом, включающую в себя комплекс программного обеспечения, в котором на первой раме установлен блок инерциальной системы, кроме того, стэнд содержит третью раму, подвижное основание, средство линейного перемещения, двигатели привода для третьей рамы, подвижного основания и средства линейного перемещения; вторая рама с возможностью поворота установлена в третьей раме таким образом, что ось вращения первой рамы относительно второй и ось вращения второй рамы относительно третьей перпендикулярны, а третья рама установлена с возможностью поворота на подвижном основании таким образом, что ось вращения второй рамы относительно третьей и ось вращения третьей рамы относительно основания перпендикулярны; ось вращения первой рамы относительно второй, ось вращения второй рамы относительно третьей и ось вращения третьей рамы относительно основания пересекаются в одной точке; подвижное основание установлено на средстве линейного перемещения с возможностью линейного перемещения, а средство линейного перемещения установлено на неподвижном основании с возможностью линейного перемещения таким образом, что направление линейного перемещения подвижного основания относительно средства линейного перемещения и направление линейного перемещения средства линейного перемещения относительно неподвижного основания взаимно перпендикулярны; при этом первая рама относительно второй, вторая рама

относительно третьей и третья рама относительно подвижного основания могут совершать угловые колебательные движения, а подвижное основание относительно средства линейного перемещения и средство линейного перемещения относительно неподвижного основания могут совершать линейные колебательные движения, и первая рама, вторая рама, третья рама, подвижное основание и средство линейного перемещения могут быть зафиксированы друг относительно друга, а средство линейного перемещения может быть зафиксировано относительно неподвижного основания; дополнительно объект испытаний подключен к навигационной системе.

На данном стэнде можно только лишь отрабатывать функциональность датчиков ориентации испытываемого объекта, но не исполнительных органов, так как вращение рам стэнда производится не с помощью исполнительных органов испытываемого объекта, а с помощью двигателей привода для рам, установленных на осях карданного подвеса. Это исключает возможность комплексного испытания системы ориентации испытываемого объекта, заключающейся в отработке, проверке работоспособности и проверке технических характеристик как датчиков ориентации, так и исполнительных органов системы ориентации.

Задачей, на решение которой направлена настоящая полезная модель, является преодоление недостатков известных технических решений и создание аппаратно-программного комплекса для наземных испытаний систем ориентации спутников и беспилотных летательных аппаратов:

- обеспечивающего возможность испытаний как самих малых спутников (МС) и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), так и отдельно их модулей систем ориентации в составе датчиков и исполнительных органов;

- позволяющего отрабатывать любые возможные режимы ориентации МС и БПЛА независимо от значений угла разворота летательного аппарата;

- с технически легко реализуемой конструкцией, обеспечивающей возможность вращения испытываемого устройства по каждой оси с тремя степенями свободы на 360 градусов без ограничений, имеющей мелкогабаритные размеры, позволяющие проводить как лабораторные, так и натурные испытания.

Технический результат заключается в разработке аппаратно-программного комплекса для наземных испытаний системы ориентации спутников и беспилотных летательных аппаратов, разработанного на базе карданного подвеса, обеспечивающего три степени свободы по каждой оси без ограничений, содержащего систему независимых измерений, позволяющего проводить отработку и проверку работоспособности и технических характеристик систем ориентации как самих малых спутников и БПЛА массой до 10 кг, так и отдельно их модулей систем ориентации в максимально приближенных к реальным условиям.

Указанный технический результат в предлагаемой полезной модели достигается тем, что в изделие, в которое входят трёхосный стенд, содержащий основание, первую раму, установленную с возможностью поворота во второй раме, при этом на первой раме установлен объект испытаний, вторую раму, с возможностью поворота, установленную в третьей раме таким образом, что ось вращения первой рамы относительно второй и ось вращения второй рамы относительно третьей перпендикулярны, третью раму, установленную с возможностью поворота на основании таким образом, что ось вращения второй рамы относительно третьей и ось вращения третьей рамы относительно основания перпендикулярны; ось вращения первой рамы относительно второй, ось вращения второй рамы относительно третьей и ось вращения третьей рамы относительно основания пересекаются в одной точке; при этом первая рама относительно второй, вторая рама относительно третьей и третья рама относительно основания могут совершать движения; и устройство обеспечения обратной связи с системой управления, включающую в себя комплекс программного обеспечения, согласно предлагаемой полезной модели введены дополнительная система независимых измерений, представляющая собой группу датчиков слежения за объектом испытаний, расположенных вне конструкции стенда, и технологическое программное обеспечение для обработки выходных сигналов датчиков.

Введение системы независимых измерений на базе датчиков слежения и технологического программного обеспечения обеспечивает автономное определение текущей ориентации объекта в процессе испытаний и способствует повышению точности обработки систем ориентации, что позволяет системе управления производить проверку технических характеристик и работоспособности систем ориентации. Кроме того вынесение датчиков слежения за область конструкции комплекса облегчает его техническую реализацию.

Указанный результат достигается также тем, что первая рама дополнительно оснащена платформой, на которую устанавливается испытуемый объект, с обеспечивающей различные значения выходного напряжения системой автономного питания, системой беспроводной передачи данных, системой балансировки.

Оснащение первой рамы платформой системой автономного питания, системой беспроводной передачи данных, системой балансировки предоставляет следующие возможности: система автономного питания может обеспечить питанием как сами МС и БПЛА, так и отдельно их модули систем ориентации, система балансировки обеспечивает совмещение центра масс имитатора невесомости с центром его вращения, предотвращая появление паразитного момента, влияющего на движение испытуемого объекта, система беспроводной передачи данных обеспечивает связь с системой управления, предоставляя возможность

приема команд, соответствующих программе тестирования, и передачи телеметрической информации.

Кроме того, указанный результат достигается также тем, что сочленения рам друг относительно друга выполнены по принципу карданного подвеса, что обеспечивает возможность вращения испытуемого устройства на 360 градусов вокруг каждой оси с тремя степенями свободы без ограничений в условиях максимально приближенных к реальным.

Для лучшего понимания сущность предлагаемой полезной модели поясняется с привлечением графических материалов, где на фиг. 1 приведена схема взаимного расположения компонентов комплекса.

Аппаратно-программный комплекс для наземных испытаний системы ориентации спутников и беспилотных летательных аппаратов содержит (фиг.1) имитатор невесомости, представляющий собой механическую конструкцию, на базе карданного подвеса, включающий: трёхосный стенд, состоящий из неподвижного основания 1, первой рамы 2, установленной с возможностью поворота вокруг оси O1 во второй раме 3, установленной с возможностью поворота вокруг оси O2 в третьей раме таким образом, что ось вращения первой рамы O1 относительно второй и ось вращения второй рамы O2 относительно третьей перпендикулярны, при этом третья рама 4, установлена с возможностью поворота на основании 1 таким образом, что ось вращения второй рамы O2 относительно третьей и ось вращения третьей рамы O3 относительно основания 1 перпендикулярны; ось вращения первой рамы O1 относительно второй, ось вращения второй рамы O2 относительно третьей и ось вращения третьей рамы O3 относительно основания 1 пересекаются в одной точке O.

Первая рама 2 конструктивно совмещена с технологической платформой 5, на которой находятся система автономного питания 6, система беспроводной передачи данных 7, система балансировки 8. Система независимых измерений 9, представляет собой группу датчиков, расположенных вне конструкции стенда. Система управления 10, также расположенная вне стенда, включает в себя комплекс технологического программного обеспечения 11.

Предлагаемая полезная модель работает следующим образом (фиг. 1).

Испытуемый объект 12 закрепляют на технологической платформе 5 системы ориентации, подключают его при помощи специальных интерфейсов к системе автономного питания 6 и системе беспроводной передачи данных 7. Далее при помощи системы балансировки 8 производят совмещение центра масс системы испытуемый объект 12 - платформа 5 с центром вращения имитатора невесомости O. Управление процессом испытаний производят с помощью системы управления 10 по каналу беспроводной передачи данных 7. В программном обеспечении системы управления 11 задают программу тестирования

испытываемого объекта. В процессе испытаний исполнительные органы испытываемого объекта 12 приводят его во вращательное движение, при этом благодаря карданной конструкции вращение происходит одновременно вокруг осей О1, О2 и О3, что создаёт для испытываемого объекта 12 условия невесомости максимально приближенные к реальным.

Телеметрическая информация о текущем состоянии платформы ориентации 5 и испытываемого объекта 12 передается с помощью системы беспроводной передачи данных 7 в систему управления 10.

Система независимых измерений 9 обеспечивает автономное определение текущей ориентации испытываемого объекта 12 и также передает ее в систему управления 10.

Система управления 10, содержащая технологическое программное обеспечение 11, обрабатывает полученные от системы независимых измерений 9 и испытываемого объекта 12 данные, определяет степень их рассогласования, производит оценку погрешности работы системы управления ориентацией испытываемого объекта 12, и представляет результаты сравнения в графическом или табличном виде.

Сравнительный анализ показал, что заявленная полезная модель обладает рядом преимуществ по сравнению с известными устройствами подобного назначения:

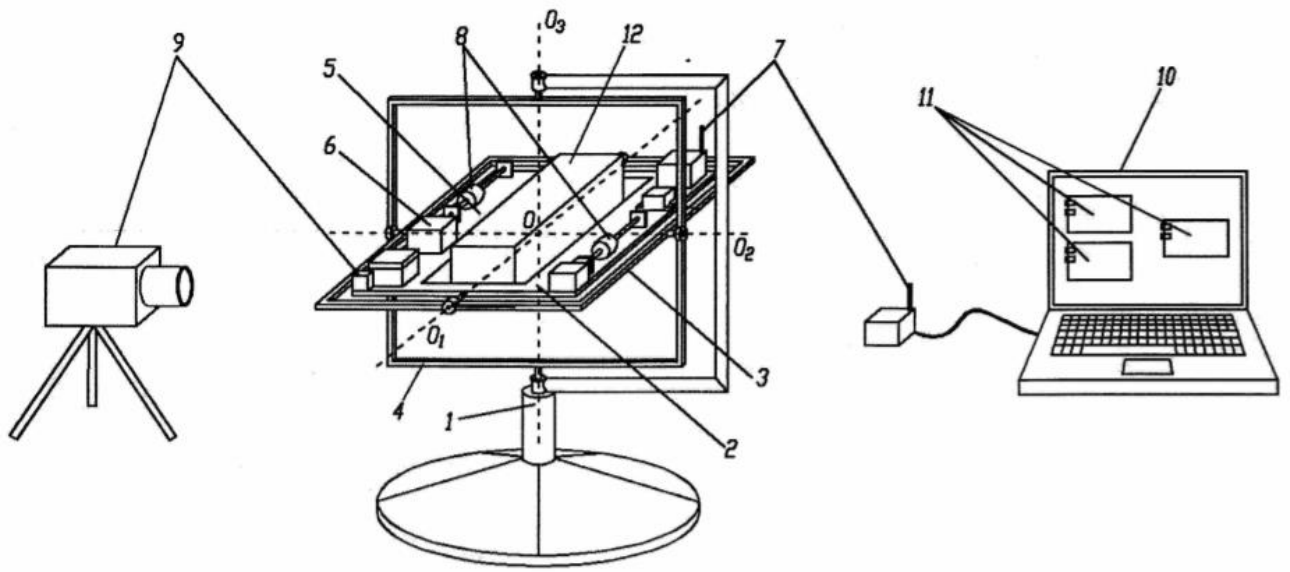
- полезная модель позволяет проводить наземные испытания системы ориентации как малых спутников и БПЛА весом до 10 кг, так и отдельно их модулей системы ориентации;
- конструкция комплекса технологически легко реализуема и обеспечивает возможность отрабатывать любые возможные режимы ориентации МС и БПЛА независимо от значений угла их разворота;
- исключение двигателей, приводящих каждую раму во вращательное движение, обеспечивает возможность для испытания исполнительных органов систем ориентации, и соответственно, комплексного испытания систем ориентации в составе датчиков и исполнительных органов для любых возможных режимов ориентации.

При этом конструкция обладает сравнительно небольшими габаритами, что позволяет использовать комплекс не только в лабораторных условиях, но и легко перевозить и устанавливать его для проведения испытаний непосредственно в полевых условиях.

Использование аппаратно-программного комплекса для наземных испытаний системы ориентации спутников и беспилотных летательных аппаратов предлагаемой конструкции даёт возможность наземной отработки систем ориентации как самих малых спутников и БПЛА, так и отдельно их модулей систем ориентации, в условиях максимально приближенных к реальным.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Аппаратно-программный комплекс для наземных испытаний системы ориентации спутников и беспилотных летательных аппаратов, включающий трёхосный стенд, содержащий основание, первую раму, установленную с возможностью поворота во второй раме, вторую раму, установленную в третьей раме с возможностью поворота и третью раму, установленную с возможностью поворота на основании, таким образом, что ось вращения первой рамы относительно второй, ось вращения второй рамы относительно третьей и ось вращения третьей рамы относительно основания перпендикулярны, при этом оси вращения первой рамы относительно второй, второй рамы относительно третьей и третьей рамы относительно основания пересекаются в одной точке; и устройстве обеспечения обратной связи с системой управления, включающую в себя комплекс программного обеспечения, **отличающийся** тем, что дополнительно введены система независимых измерений, представляющая собой группу датчиков, расположенных вне конструкции стенда, и технологическое программное обеспечение; при этом первая рама дополнительно оснащена платформой с системой автономного питания, системой беспроводной передачи данных и системой балансировки; кроме того, сочленения рам друг относительно друга выполнены по принципу карданного подвеса.



Фиг. 1