

ISSN 1999-9801



АУЭС

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІНІҢ

ХАБАРШЫСЫ



ВЕСТНИК

Алматинского университета
энергетики и связи

2(45)

2019

В Е С Т Н И К

**АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

№ 2(45)

2019

**Научно-технический журнал
Выходит 4 раза в год**

Алматы

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Волкова Ю.В., Мунц В.А., Чойнзонов Д.Б.

Разработка тепловой схемы энергетической установки с газификатором угля и топливными элементами.....5

Койлышов У.К., Бейсенбаева К.А.

Решение одной граничной задачи для уравнения теплопроводности в области с подвижной границей.....14

Орумбаев Р.К., Касимов А.С., Сейдалиева А.Б., Отынчиева М.Т.

Исследование спиральных турбулизаторов для интенсификации конвективного теплообмена водогрейных котлов малой мощности.....20

Асқарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Оспанова Ш.С., Қасымова К.А., Әділбек М.Н.

Инновациялық технологияларды енгізудің перспективалары.....29

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Askaruly K., Azat S., Yeleuov M., Azamat T., Sarsembaeva B.

The modern anode with high capacity for li-ion batteris.....36

Қожамбердиев Қ.О., Бақыт Ғ.Б., Қылват М.

Асинхронды қозғалтқышты жатық іске қосу сұлбаларына зерттеу жүргізу.....43

Каирбеков Т.

Связь между компонентами метрики пространства-времени с тензором электромагнитного поля.....50

Дауменов Т.Д., Саурова К.С.

Повышение мощности отражательного клистрона.....60

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Молдабеков М.М., Елубаев С.А., Сухенко А.С., Қаметқанова А.Б.

Проектирование аппаратно-программного комплекса для тестирования системы ориентации беспилотных летательных аппаратов.....64

Кулатай А.А., Джумадилова Ш.Г.

Управление проектами в частных IT компаниях: проблемы и перспективы.....73

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Байбазаров М.Б.

Задача управления линейной системы с минимальной энергией.....81

ИННОВАЦИИ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

Саргизова А.Г.

Вывод товара на международный рынок: обзор маркетинговых инструментов.....86

Бапаев К.Б., Василина Г.К., Сламжанова С.С., Толеуова Б.Ж.

О сильной устойчивости разностно-динамических систем в критическом случае при параметрических возмущениях и бифуркациях.....93

Исмагулова М.Ш., Бедельбаева Г.Е., Беспалова И.В.

Инновационные образовательные технологии в преподавании физики.....101

Арзимбетова М.Б., Мырзақұл Ш.Р., Мырзақұл Т.Р.

Симметрия Нётера в космологии $f(R)$
Хоравы-Лифшица.....107

Рысмаганбетова А.К.

Некоторые методологические аспекты разработки маркетинговой стратегии для учреждений сферы дополнительного образования.....116

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ

Gita Revalde

Photonic devices for detection of volatile organic compounds in uv spextral region.....123

ЮБИЛЯР

Дауменов Тлеухан Дауменович.....129

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 89.23.31

DOI 10.51775/1999-9801_2019_45_2_64

М.М. Молдабеков¹, С.А. Елубаев², А.С. Сухенко¹, А.Б. Қаметқанова²

¹Институт космической техники и технологий

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АППАРАТНО - ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация. Система ориентации обеспечивает стабилизацию летательного аппарата и его ориентирование в заданном направлении. Важным этапом в процессе разработки систем ориентации летательных аппаратов является отработка алгоритмов определения и управления ориентацией летательного аппарата в наземных условиях. В данной работе рассматривается вопрос проектирования комплекса для наземной отработки системы ориентации спутников и БПЛА. Комплекс разрабатывается на базе карданного подвеса, который имитирует условия движения испытываемого объекта в пространстве с тремя степенями свободы. Кроме того в состав комплекса входит платформа системы ориентации, на которую производится установка испытываемого объекта, система независимых измерений, предназначенная для определения параметров ориентации испытываемого устройства, и управляющий компьютер, обеспечивающий управление работой комплекса и точную оценку параметров движения испытываемого объекта на основе данных, поступающих с его датчиков ориентации и системы независимых измерений. В статье приводятся результаты проектирования всех описанных компонентов комплекса.

Ключевые слова: аппаратно – программный комплекс, тестирование, система ориентации, спутник, БПЛА, проектирование

Существующая в мире тенденция уменьшения стоимости проектов по разработке спутников и БПЛА достигается путем минимизации расходов на проектирование и разработку их основных служебных систем, одной из которых является система ориентации, обеспечивающая требуемое угловое положение летательного аппарата (ЛА) в процессе выполнения поставленных перед ним задач.

На начальных этапах проектирования спутников, БПЛА и их подсистем большую роль играет математическое и компьютерное моделирование, но очень важно проверить их работоспособность и эффективность на натуральных экспериментах с конкретной аппаратной реализацией. Этот вопрос может быть разрешен путем создания различного испытательного оборудования, стендов или имитаторов, которые позволяют воспроизводить условия полета в наземных условиях.

Данная статья посвящена описанию процесса проектирования аппаратно – программного комплекса для тестирования системы ориентации спутников и БПЛА. Аппаратно – программный комплекс должен обеспечивать вращательное движение испытываемого ЛА с тремя степенями свободы с минимальными ограничениями на углы поворота. Существующие комплексы тестирования систем ориентации ЛА разрабатываются на базе аэродинамических [1, 2] и проволочных подвесов [3, 4], однако они имеют ограничение на вращательное движение по осям крена и тангажа. В связи с этим для обеспечения вращательного движения испытываемого ЛА в рамках разработки аппаратно – программного комплекса тестирования выбран карданный подвес. В дальнейшем для карданного подвеса в данной работе определено название – имитатор невесомости.

1 Структура аппаратно – программного комплекса

Структурно аппаратно – программный комплекс состоит из имитатора невесомости, платформы системы ориентации, предназначенной для размещения испытываемого ЛА, системы независимых измерений, предназначенной для определения параметров ориентации ЛА в процессе испытаний, и управляющего компьютера, используемого для контроля работы комплекса (рисунок 1).

В начале испытаний летательный аппарат устанавливается на платформу системы ориентации. Из – за неравномерного распределения массы испытываемого ЛА платформа системы ориентации под действием гравитационного момента наклоняется и выходит из положения равновесия. Для снижения воздействия гравитационного момента, возникающего вследствие смещения центра масс платформы и центра вращения имитатора невесомости, необходима балансировка платформы. В связи с этим платформа системы ориентации должна быть снабжена системой балансировки. Для активации системы ориентации на испытываемом ЛА должно быть обеспечено ее питание. Для этих целей на платформе системы ориентации располагается автономный модуль питания. В процессе тестирования системы ориентации ЛА данные о его угловом положении должны быть направлены на управляющий компьютер. Для этого на платформе системы ориентации используется беспроводной канал передачи данных. Полученные данные об угловом положении ЛА должны быть сравнены с данными независимых измерений параметров ориентации ЛА с целью получения наиболее точной оценки. В связи с этим аппаратно – программный комплекс дополняется системой независимых измерений.

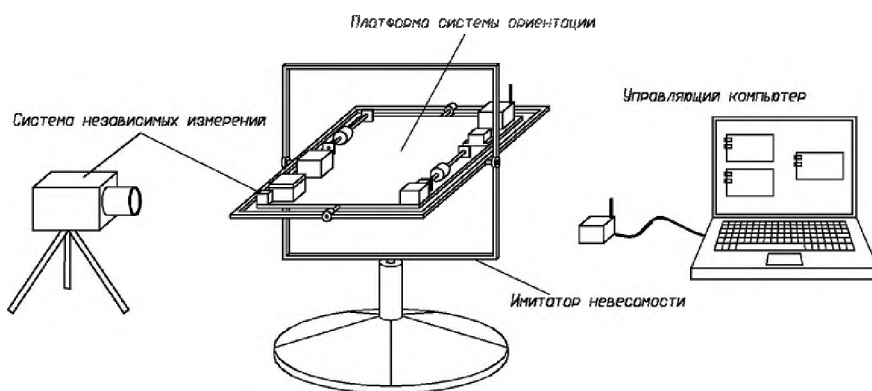


Рисунок 1 – Состав аппаратно – программного комплекса
2 Проектирование аппаратно – программного комплекса

2.1 Имитатор невесомости

В ходе проектирования аппаратно – программного комплекса на первом этапе рассмотрен вопрос проектирования имитатора невесомости. Как уже было сказано выше, в качестве имитатора невесомости выбран карданный подвес.

Конструкция имитатора невесомости изображена на рисунке 2. Конструкция имитатора состоит из трех рамок. Первая рамка обеспечивает вращение испытываемого устройства вокруг оси рыскания, вторая рамка обеспечивает вращение вокруг оси тангажа, третья рамка по сути представляет собой платформу системы ориентации и обеспечивает вращение по оси крена. Все три рамки могут вращаться на 360 градусов.

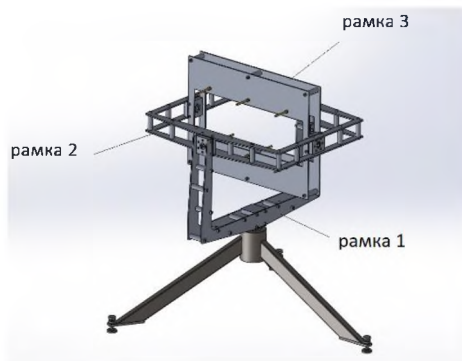


Рисунок 2 – Конструкция имитатора невесомости аппаратно – программного комплекса

Каждая рамка представляет собой конструкцию из двух пластинок, соединенных между собой винтовыми соединениями через проставки. Для обеспечения вращения вокруг своей оси каждая рамка соединена шарниром с другой рамкой. Для уменьшения трения в шарнирах используются сферические подшипники качения. Конструкцию имитатора невесомости планируется изготавливать из сплава алюминия Д16Т для обеспечения легкости и прочности конструкции.

В процессе проектирования имитатора невесомости целесообразным является проведение анализа его напряженно – деформированного состояния под воздействием нагрузки со стороны испытываемого ЛА. Анализ напряженно-деформированного состояния в рамках данной работы проведен с использованием программного обеспечения Solid Works.

Разрабатываемый стенд предположительно планируется использовать для ЛА массой около 10 кг. В процессе расчета напряженно деформированного состояния критическая масса нагрузки был выбрана с запасом в 1.5 раза больше исходной массы.

Результаты анализа напряженного состояния приведены на рисунке 3. Как видно из результатов анализа максимальное напряжение возникающие в конструкции имитатора невесомости при подаче нагрузки до 150 Н не превышает 2.29 МПа, что в 100 раз ниже предела текучести материала Д16Т ($\sigma_m = 245.275 \text{ МПа}$), при превышении которого возникают необратимые деформации. Таким образом, разработанная конструкция имитатора невесомости является достаточно жесткой для того, чтобы выдерживать ЛА с заявленной массой в процессе испытаний.

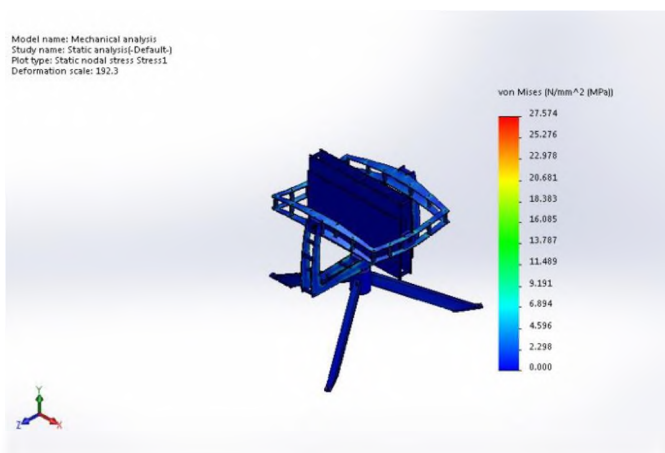


Рисунок 3 – Результаты анализа напряженного состояния имитатора невесомости

Результаты анализа деформированного состояния приведены на рисунке 4. Согласно результатам анализа, определено, что максимальное общее смещение платформы системы ориентации под нагрузкой в 150 Н относительно плоскости его установки составляет

0.373 мм, а относительно горизонтальной несущей оси на ~ 0.1 мм меньше, т.е. порядка 0.273 мм. Данное смещение оказывает влияние на смещение центра масс платформы относительно центра вращения имитатора невесомости на 0.273 мм. Согласно требованиям допустимое смещение центра масс платформы относительно центра вращения имитатора невесомости составляет не более 1 мм. Таким образом, возникающие перемещения находятся в пределах допустимых значений.

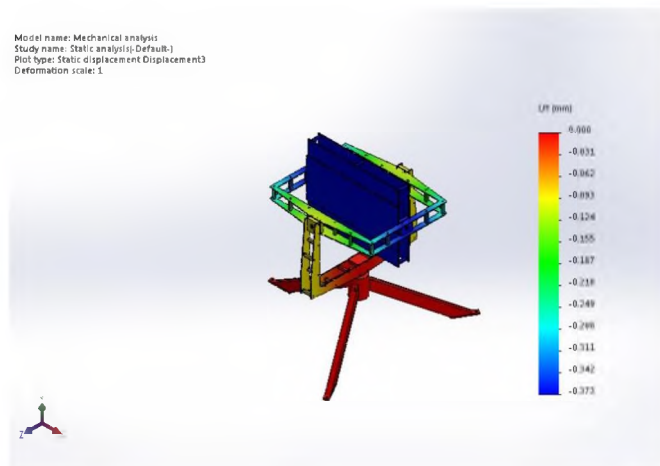


Рисунок 4 – Результаты анализа деформированного состояния имитатора невесомости

2.2 Платформа системы ориентации

Платформа системы ориентации располагается на третьей рамке имитатора невесомости и используется для установки испытываемого ЛА на аппаратно - программный комплекс. Платформа системы ориентации включает в себя систему балансировки, модуль питания, беспроводной канал передачи данных, а также бортовой комплекс управления.

Система балансировки

Система балансировки производит уравнивание платформы системы ориентации путем уменьшения дисбаланса системы или расстояния между центром масс платформы и центром вращения имитатора невесомости до тех значений, при которых возникающий вращающий гравитационный момент достаточно мал, чтобы повлиять на положение платформы. Система балансировки разделяется на систему ручной и автоматической балансировки.

Система ручной балансировки представляет собой набор грузов различной массы, которые расположены в нескольких местах на платформе системы ориентации с возможностью их механического перемещения. Ручная балансировка представляет собой итерационный процесс в ходе которого возможно совмещение центра масс с центром вращения до момента установки малой амплитуды колебаний вокруг центра вращения. Для уменьшения амплитуды колебаний необходима более точная балансировка.

Точная балансировка осуществляется с помощью системы автоматической балансировки, которая контролируется бортовым комплексом управления, расположенным на платформе. Процесс автоматической балансировки это итерационный процесс с обратной связью. В связи с этим необходима система датчиков, с помощью которых может быть определен дисбаланс.

Дисбаланс системы может быть определен как в виде количества несимметричной распределенной массы которая выражается соответственно в г/мм (кг/м), в виде отклонения центра масс платформы от центра вращения системы, которое выражается в мм (м).

Для определения дисбаланса обычно используется набор датчиков, состоящий из акселерометров и гироскопических датчиков, устанавливаемых на корпус платформы системы ориентации.

Из всех имеющихся на рынке акселерометров для использования в составе системы автоматической балансировки наиболее подходящими являются емкостные акселерометры, так они обладают высокой чувствительностью и идеально подходят для измерения низкочастотных колебаний и параметров движения объектов [5].

Исполнительными органами системы автоматической балансировки являются шаговые двигатели, которые управляют движением грузов, перемещающихся вдоль направляющих, расположенных взаимоперпендикулярно по трем осям платформы системы ориентации.

Модуль питания

Питание всех устройств, расположенных на платформе системы ориентации, включая испытываемый ЛА, обеспечивается модулем питания, который представляет собой блок аккумуляторных батарей с мощностью не ниже суммарного энергопотребления всех компонентов платформы системы ориентации и распределитель питания, обеспечивающий выходы с различным напряжением, соответствующим рабочему напряжению испытываемого устройства (12 В), шаговых двигателей автоматической системы балансировки (5 В), логического устройства бортового комплекса управления (3 В) и устройств беспроводного канала передачи данных (3 В).

Беспроводной канал передачи данных

Беспроводной канал передачи данных используется для передачи данных о текущей ориентации испытываемого устройства на управляющий компьютер и прием команд с управляющего компьютера.

Для реализации беспроводного канала передачи данных хорошо подойдут радиочастотные приемопередатчики, работающие на частоте от 2 ГГц и обеспечивающие скорость передачи данных от 200 кбит/сек.

Представителем данного типа устройств являются приемопередатчики из линейки Xbee, использующие протокол ZigBee.

Бортовой комплекс управления

Бортовой комплекс управления представляет собой логическое устройство, осуществляющее управление работой автоматической системы балансировки, контроль работы беспроводного канала передачи данных и модуля питания. В связи с этим, вычислительных ресурсов логического устройства бортового комплекса управления должно быть достаточно для хранения и функционирования программного обеспечения приема, обработки и отправки данных и программного обеспечения автоматической балансировки. Под эти характеристики подходит микроконтроллер Atmega 8, представляющий собой 8-разрядный высокопроизводительный AVR микроконтроллер с малым энергопотреблением, частотой 4МГц и энергонезависимой памятью объемом 512 байт.

Связь между компонентами платформы системы ориентации приведена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Компоненты платформы системы ориентации

2.3 Система независимых измерений

Система независимых измерений представляет собой группу чувствительных приборов и программное обеспечение для обработки их выходных сигналов с целью автономного определения текущих параметров ориентации испытываемого устройства в процессе испытаний.

Большинство разработчиков стендов тестирования систем ориентации ЛА не включают в состав систему независимых измерений, полагаясь на измерения, поступающие с испытываемого устройства.

Одним из возможных вариантов построения системы независимых измерений является использование оптических датчиков или цифровых камер. В литературе известны методы восстановления ориентации объекта по изображению с одной или нескольких камер [6, 7]. Для этого на испытываемом устройстве производится расстановка специальных светоизлучающих меток.

Как правило метки выбираются в виде реперных точек или линий (рисунок 6). В случае использования реперных точек количеством $n \geq 3$, не лежащих на одной прямой, для определения ориентации объекта на изображении успешно используются PnP – алгоритмы [8, 9]. Для определения ориентации объекта на основе меток в виде линий используются алгоритмы приведенные в [10, 11].

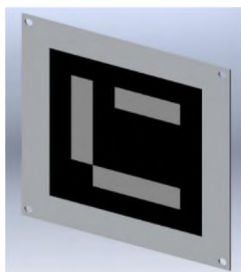


Рисунок 6 – Метка системы независимых измерений

В общем случае алгоритм определения ориентации сводится к следующим этапам:

1. бинаризация и фильтрация изображения;
2. выделение меток на изображении и определение координат их центров (в случае меток - точек) или параметров прямых (в случае меток - линий) в системе координат детектора камеры;

3. определение ориентации объекта на основе связи между координатами меток в системе координат камеры и системе координат испытываемого устройства.

Необходимо отметить, что перед непосредственным анализом изображения камера должна быть откалибрована. В частности, в результате калибровки должны быть определены фокусные расстояния камеры, выраженные в единицах ширины и высоты пикселя, координаты пересечения оптической оси камеры с плоскостью детектора, коэффициенты радиальной и тангенциальной дисторсии. Калибровка может быть проведена с использованием встроенных функций Matlab, реализующих подходы к калибровке с использованием шаблона «шахматная доска» и алгоритма Джанга [12].

2.4 Управляющий компьютер

Управляющий компьютер обеспечивает связь с испытываемым устройством, в частности позволяет задавать команду на активизацию работы системы ориентации в различных режимах работы, получать и обрабатывать данные с датчиков ориентации испытываемого устройства. Управляющий компьютер производит сбор и обработку данных системы независимых измерений, на основе которых определяет истинную ориентацию испытываемого устройства. Далее, производя сравнение истинной ориентации с расчетной ориентацией, поступающей с испытываемого устройства, управляющий компьютер производит оценку углового положения испытываемого устройства. Процесс деятельности аппаратно – программного комплекса и управляющего компьютера касательно тестирования системы ориентации спутников и БПЛА приведен на рисунке 7.

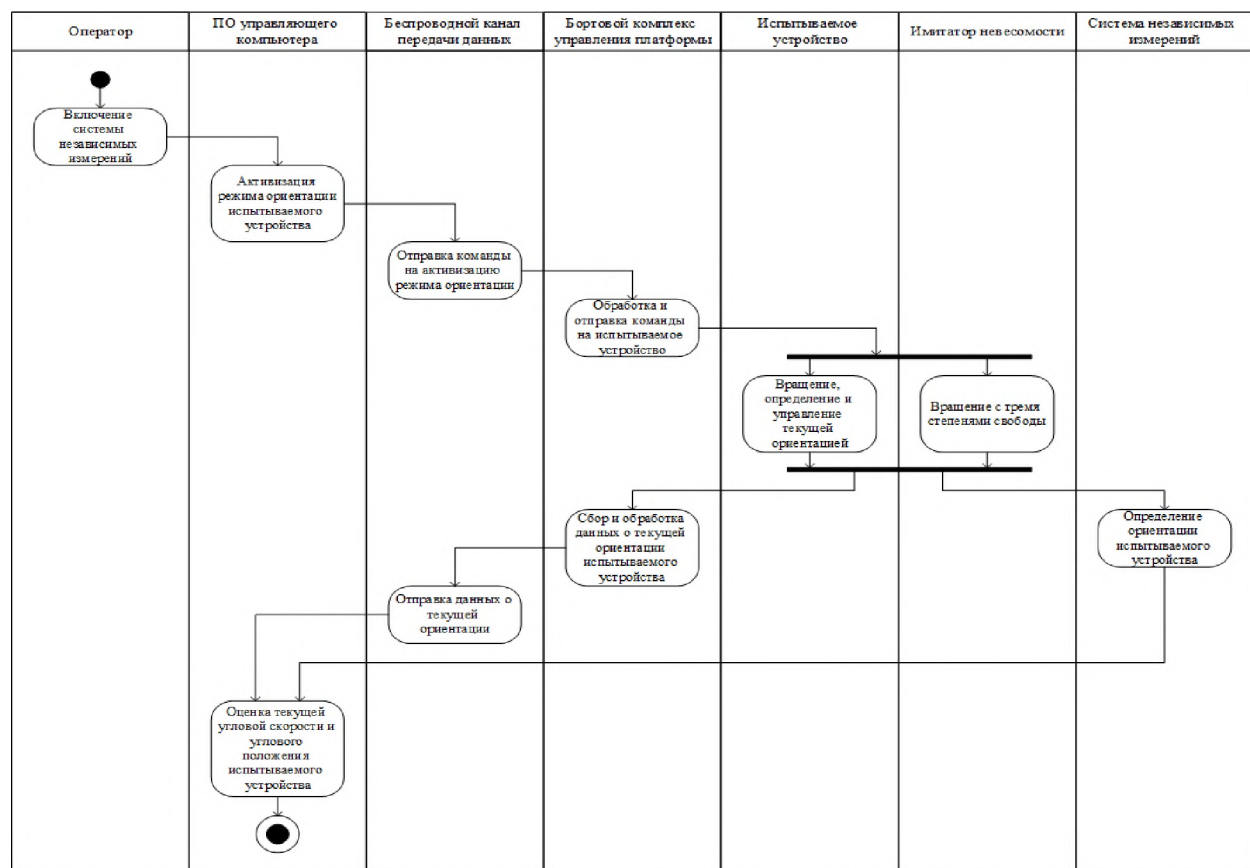


Рисунок 7 – Процесс деятельности аппаратно – программного комплекса и управляющего компьютера для испытаний системы ориентации спутников и БПЛА

Заключение

В данной статье рассмотрены вопросы проектирования аппаратно – программного комплекса для тестирования системы ориентации спутников и БПЛА, разрабатываемого

специалистами Института космической техники и технологий в рамках республиканской бюджетной программы 008 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности». Приведены результаты проектирования комплекса и его основных компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Chesi S. A dynamic, hardware-in-the-loop, three-axis simulator of spacecraft attitude maneuvering with nanosatellite dimensions // JoSS. - 2015. - Vol. 4. - No. 1. - P. 315–328.
- 2 Schwartz J.L. The distributed spacecraft attitude control system simulator: PhD Thesis - Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004. - 134 p.
- 3 Карпенко С.О., Овчинников М.Ю. Лабораторный стенд для полунатурной отработки систем ориентации микро- и наноспутников // Препринт ИПМ М.В. Келдыша. – 2008. URL: http://www.keldysh.ru/papers/2008/rep38/rep2008_38.html
- 4 Bhargava A. Development of a quadrotor testbed for control and sensor development: Master Thesis - Clemson University, 2008. - 522 p.
- 5 Пономарев Ю. Выбор вибро-акселерометров. Простое решение сложной задачи // Электроника. – 2015. - №2. – С. 116 – 121.
- 6 Hartley R. Multiple View geometry in computer vision. - Cambridge: Cambridge University Press, 2003. – 656 p.
- 7 Paragios N, Chen Y. Handbook of Mathematical Models in Computer Vision – NY: Springer Science + Business Media, 2006. – 606 p.
- 8 Quan L, Lan Z. Linear N point camera pose determination // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1999. – Vol. 21(8). – P. 774-80.
- 9 Chou S., Gao X. Complete solution classification for the perspective-three-point problem // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2003. –Vol. 25(8). - P. 930-43.
- 10 Qin L., Cao D., Hu Y., Wei Y., Zhou Y., Wang H. Algorithm for Attitude Determination from Three Door-like Lines // Proceedings of the 2008 IEEE International conference on information and automation – 2008, Zhangjiajie, China. – P. 1359 – 1363.
- 11 Yuan J. A general photogrammetric method for determining object position and orientation // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. – 1989. - Vol. 5. - No. 2. - P. 129-142.
- 12 Zhang Z. A flexible new technique for camera calibration // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2000. – Vol. 22(11). – P. 1330-1334.

REFERENCES

- 1 Chesi S. A dynamic, hardware-in-the-loop, three-axis simulator of spacecraft attitude maneuvering with nanosatellite dimensions // JoSS. - 2015. - Vol. 4. - No. 1. - P. 315–328.
- 2 Schwartz J.L. The distributed spacecraft attitude control system simulator: PhD Thesis - Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004. - 134 p.
- 3 Karpenko S.O., Ovchinnikov M.Ju. Laboratornyj stend dlja polunaturnoj otrabotki sistem orientacii mikro- i nanosputnikov // Preprint IPM M.V. Keldysha. – 2008. URL: http://www.keldysh.ru/papers/2008/rep38/rep2008_38.html
- 4 Bhargava A. Development of a quadrotor testbed for control and sensor development: Master Thesis - Clemson University, 2008. - 522 p.
- 5 Ponomarev Ju. Vybor vibro-akselerometrov. Prostoje reshenie slozhnoj zadachi // Jelektronika. – 2015. - №2. – P. 116 – 121.
- 6 Hartley R. Multiple View geometry in computer vision. - Cambridge: Cambridge University Press, 2003. – 656 p.
- 7 Paragios N, Chen Y. Handbook of Mathematical Models in Computer Vision – NY: Springer Science + Business Media, 2006. – 606 p.
- 8 Quan L, Lan Z. Linear N point camera pose determination // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1999. – Vol. 21(8). – P. 774-80.
- 9 Chou S., Gao X. Complete solution classification for the perspective-three-point problem // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2003. –Vol. 25(8). - P. 930-43.

10 Qin L., Cao D., Hu Y., Wei Y., Zhou Y., Wang H. Algorithm for Attitude Determination from Three Door-like Lines // Proceedings of the 2008 IEEE International conference on information and automation – 2008, Zhangjiajie, China. – P. 1359 – 1363.

11 Yuan J. A general photogrammetric method for determinating object position and orientation // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. – 1989. - Vol. 5. - No. 2. - P. 129-142.

12 Zhang Z. A flexible new technique for camera calibration // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2000. – Vol. 22(11). – P. 1330-1334.

ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫНЫҢ БАҒДАРЛАУ ЖҮЙЕСІН ТЕСТІЛЕУГЕ АРНАЛҒАН АППАРАТТЫҚ-БАҒДАРЛАМАЛЫҚ КЕШЕНДІ ЖОБАЛАУ

М.М. Молдабеков¹, С.А. Елубаев², А.С. Сухенко¹, А.Б. Қаметқанова²

¹Ғарыштық техника және технологиялар институты

²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Аңдатпа. Бағдарлау жүйесі ұшу аппаратының тұрақтандыруын және оның берілген бағытта нысанаға дәлдеуін қамтамасыз етеді. Жер бетіндегі жағдайларда ұшу аппараттарының бағдарлауын басқару мен анықтау алгоритмдерін жетілдіру ұшу аппараттарының бағдарлау жүйесін әзірлеу процесіндегі маңызды кезең болып табылады. Бұл жұмыста ұшқышсыз ұшу аппараты мен спутниктердің бағдарлау жүйесін жер бетінде жетілдіруге арналған кешенді жобалау мәселесі қарастырылады. Кешен еркіндік дәрежесі үшке тең кеңістікте сыналатын объект қозғалысының шарттарын имитациялайтын карданды аспа негізінде әзірленеді. Сонымен қатар, кешеннің құрамына сыналатын объект орнатылатын бағдарлау жүйесі, сыналатын құрылғының бағдарлау параметрлерін анықтауға арналған тәуелсіз өлшеулер жүйесі және тәуелсіз өлшеулер жүйесі мен бағдарлау датчиктерінен алынатын деректер негізінде сыналатын объект қозғалысы параметрлерінің дәлдік бағалауы мен кешен жұмысын басқаруды қамтамасыз ететін басқарушы компьютер кіреді. Мақалада сипатталған кешен компоненттерін жобалау нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: аппараттық-бағдарламалық кешен, тестілеу, бағдарлау жүйесі, спутник, ұшқышсыз ұшу аппараты, жобалау

DESIGN OF HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR TESTING OF ATTITUDE DETERMINATION AND CONTROL SYSTEM OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

M. Moldabekov¹, S. Yelubayev², A. Sukhenko¹, A. Kametkanova²

¹Institute of space technique and technology,

²Kazakh National University named after al-Farabi

Annotation. Attitude control system provides the stabilization of aerial vehicle and its pointing in the given direction. The main stage in the process of development of aerial vehicle attitude control system is the working out of algorithms of determination and attitude control of aerial vehicle in ground conditions. The problem of design of complex for ground workout of satellites and UAV attitude control system is considered in this work. The complex is developed based on gimbal suspension that simulates the conditions of testing object motion in space with three degree of freedom. Therefore, complex consists of attitude control system platform to which the test object is mounted, an independent measurement system for determining the orientation parameters of the test device, and a control computer that controls the operation of the complex and an accurate estimate of the motion parameters of the test object on the basis of data coming from its orientation sensors and a system of independent measurements. The results of design of all described complex components are given in the article.

Key words: hardware and software complex, testing, orientation system, satellite, UAV, design