



ISSN 1609-1817

М. ТЫНЫШБАЕВ атындағы
ҚАЗАҚ КӨЛІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛАР АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Казахской академии транспорта
и коммуникаций имени
М. Тынышпаева

The BULLETIN

of Kazakh Academy of Transport
and Communications named
after M. Tynyshepaev



№ 3 (102) - 2017

Ғылыми журнал 2000 жылдың қаңтарынан
бастап шығарылады.

Жылына 4 рет шығады.

Жекеменшік –

«М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және
коммуникациялар академиясы» АҚ

Редакция мекен-жайы:

Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ.,
Шевченко көшесі, 97.

Тел./факс: +7 (727) 292-49-14, 292-44-85

E-mail: vestnik-kazatk@mail.ru

Сайт: www.kazatk.kz

Журнал Қазақстан Республикасы мәдениет,
ақпарат және спорт Министрлігінде қайта
тіркеуден өткен

Куәлік № 6233-ж 17.08.2005 ж.

Индекс 75605

ISSN 1609-1817

Баспаға қол қойылған күні 18.09.2017 ж.

Тираж 500 дана. Тапсырыс № 1960

М.Тынышбаев атындағы ҚазККА-ның
Редакциялық-баспа орталығында басылған.
Мекен-жайы: Алматы қаласы,
Райымбек даңғылы, 165

Халықаралық редакция кеңесі

Б.П. Урынбасаров («Қазақстан темір жолы»
Ұлттық компаниясы» АҚ-ның вице-
президенті, ҚР)

Б.А. Лёвин (т.ғ.д., проф., МИИТ, Ресей)

Н.К. Исингарин (э.ғ.д., проф., «ЭТК Транс
Групп» консорциумы директорлар кеңесі,
ҚР)

Б.Б. Телтаев (т.ғ.д., проф., «ҚазжолҒЗИ» АҚ,
ҚР)

Т.Л. Каплан (э.ғ.к., ХКА-ның академигі, РФ
КА-ның академигі, ҚР халықаралық
автомобиль тасымалдаушылары Одағы, ҚР)

А. Сладковский (т.ғ.д., проф., Силез
техникалық университеті, Польша)

Кевин Бирн (PhD докторы, Корольдік көлік
және логистика институтының президенті,
Ұлыбритания)

Б.М. Антипин (т.ғ.к., доцент, СПбМТУ,
Ресей)

В.А. Антропов (э.ғ.д., проф., ЖМХҒА-ның
корреспондент-мүшесі, УрМҚЖУ, Ресей)

Н.А. Александрова (с.ғ.к., доцент, УрМҚЖУ,
Ресей)

А.Б. Косарев (т.ғ.д., проф., «БТКҒЗИ» АҚ-
ның бас директорының орынбасары, Ресей)

Т. Болотбек (т.ғ.д., проф., ҚМҚКАУ,
Қырғызстан)

И.Э. Суюнтбеков (т.ғ.д., проф., ҚМҚКАУ,
Қырғызстан)

Э.Д. Дербішева (э.ғ.д., проф., ҚМҚКАУ,
Қырғызстан)

Редакция алқасы

Б.М. Куанышев (т.ғ.д., проф., бас редакторы)

Б.М. Ибраев (т.ғ.к., доцент, бас редактордың
орынбасары)

А.Н. Немасипова (т.ғ.к., доцент, жауапты
хатшы)

А.К. Ибраимов (т.ғ.к., доцент)

Г.С. Мусаева (т.ғ.д., проф.)

В.Г. Солоненко (т.ғ.д., проф.)

М.С. Кулыгильдинов (т.ғ.д., проф.)

А.С. Молгаждаров (т.ғ.к., доцент)

Г.Ж. Кенжебаева (т.ғ.к., доцент)

В.А. Шульц (т.ғ.к., доцент)

А.К. Калтаев (э.ғ.к., доцент)

К.Т. Анасова (ф.ғ.к., доцент)

С.Ж. Кабакбаев (ф.-м.ғ.д., проф.)

С.О. Исмагулова (т.ғ.д., проф.)

Н.М. Махметова (т.ғ.д., проф.)

А.А. Мельдешов (т.ғ.д., проф.)

М.Д. Зальцман (т.ғ.д., проф.)

Н.А. Токмурзина (т.ғ.к., доцент)

С.С. Абдуллаев (т.ғ.д., проф.)

Ж.С. Мусаев (т.ғ.д., проф.)

М.С. Изтелеуова (т.ғ.д., проф.)

Ж.Ж. Калиев (PhD докторы, доцент)

А.К. Оразымбетова (PhD докторы, доцент)

С.К. Мырзалы (ф.ғ.д., проф.)

Ж.Ы. Бейсекова (э.ғ.к., доцент)

Ж.Р. Ашимова (э.ғ.к., доцент)

С.Б. Шахметов (т.ғ.д., проф.)

Б. Уансов (ф.-м.ғ.к., доцент)

А.Ж. Абжалбарова (т.ғ.к., доцент)

К.А. Мурзабекова (т.ғ.к., доцент)

Ф.И. Смаилова (п.ғ.к., доцент)

Научный журнал издается
с января 2000 года.

Периодичность: 4 номера в год.

Собственник –

АО «Казахская академия транспорта и
коммуникаций имени М. Тынышпаева»

Адрес редакции: Республика Казахстан,
050012, г. Алматы, ул. Шевченко, 97.
Тел./факс: +7 (727) 292-49-14, 292-44-85

E-mail: vestnik-kazatk@mail.ru

Сайт: www.kazatk.kz

Журнал перерегистрирован в Министерстве
культуры, информации и спорта
Республики Казахстан
Свидетельство № 6233-ж от 17.08.2005 г.

Индекс 75605

ISSN 1609-1817

Подписано в печать 18.09.2017 г.
Тираж 500 экз. Заказ № 1960

Отпечатано в Редакционно-издательском
центре КазАТК им. М. Тынышпаева.
Адрес: г. Алматы, пр. Райымбека, 165

Международный редакционный совет

Б.П. Урынбасаров (вице-президент
АО «Национальная компания «Казахстан
темір жолы», РК)
Б.А. Лёвин (д-р техн. наук, проф., МИИТ,
Россия)
Н.К. Исингарин (д-р экон. наук, проф., Совет
директоров консорциума «ЭТК Транс
Групп», РК)
Б.Б. Телтаев (д-р техн. наук, проф., АО
«КаздорНИИ», РК)
Т.Л. Каплан (канд. экон. наук, акад. МАТ,
акад. АТ РФ, Союз международных
автомобильных перевозчиков РК, РК)
А. Сладковский (д-р техн. наук, проф.,
Силезский технический университет,
Польша)
Кевин Бирн (д-р PhD, Президент
Королевского института логистики и
транспорта, Великобритания)
Б.М. Антипин (канд. тех. наук, доцент,
СПбГУТ, Россия)
В.А. Антропов (д-р экон. наук, проф., член-
корреспондент МАН ВШ, УрГУПС, Россия)
Н.А. Александрова (канд. социол. наук,
доцент, УрГУПС, Россия)
А.Б. Косарев (д-р техн. наук, проф., зам. ген.
дир. АО «ВНИИЖТ», Россия)
Т. Болотбек (д-р техн. наук, проф., КГУСТА,
Кыргызстан)
И.Э. Суюнтбеков (д-р техн. наук, проф.,
КГУСТА, Кыргызстан)
Э.Д. Дербишева (д-р экон. наук, проф.,
КГУСТА, Кыргызстан)

Редакционная коллегия

Б.М. Куанышев (д-р техн. наук, проф., главный
редактор)
Б.М. Ибраев (канд. техн. наук, доцент, зам.
главного редактора)
А.Н. Немасипова (канд. техн. наук,
доцент, ответственный секретарь)
А.К. Ибраимов (канд. техн. наук, доцент)
Г.С. Мусаева (д-р техн. наук, проф.)
В.Г. Солоненко (д-р техн. наук, проф.)
М.С. Кульгильдинов (д-р техн. наук, проф.)
А.С. Молгаждаров (канд. техн. наук, доцент)
Г.Ж. Кенжебаева (канд. техн. наук, доцент)
В.А. Шульдц (канд. техн. наук, доцент)
А.К. Калтаев (канд. экон. наук, доцент)
К.Т. Анасова (канд. филос. наук, доцент)
С.Ж. Кабакбаев (д-р физ.-мат. наук, проф.)
С.О. Исмагулова (д-р техн. наук, проф.)

Н.М. Махметова (д-р техн. наук, проф.)
А.А. Мельдешов (д-р хим. наук, проф.)
М.Д. Зальцман (д-р техн. наук, проф.)
Н.А. Токмурзина (канд. техн. наук, доцент)
С.С. Абдуллаев (д-р техн. наук, проф.)
Ж.С. Мусаев (д-р техн. наук, проф.)
М.С. Изтелеуова (д-р техн. наук, проф.)
Ж.Ж. Калиев (д-р PhD, доцент)
А.К. Оразымбетова (д-р PhD, доцент)
С.К. Мырзалы (д-р филос. наук, проф.)
Ж.Ы. Бейсекова (канд. экон. наук, доцент)
Ж.Р. Ашимова (канд. экон. наук, доцент)
С.Б. Шаяхметов (д-р техн. наук, проф.)
Б. Уаисов (канд. физ.-мат. наук, доцент)
А.Ж. Абжапбарова (канд. техн. наук, доцент)
К.А. Мурзабекова (канд. техн. наук, доцент)
Ф.И. Смаилова (канд. пед. наук, доцент)

СОДЕРЖАНИЕ

Об объективных проблемах реформирования железнодорожного транспорта Казахстана Н.К. Исингарин.....	10-17
Метод расчета коррозионного разрушения и определение долговечности несущих элементов конструкций Б.Р. Арапов, К.К. Сейтказенова, Г.Т. Шокобаева, А.Б. Телешева.....	18-24
Оценка уровня электромагнитных излучений на предприятиях АО «НК» ҚТЖ» М.Д. Зальцман, Ш.А. Абдрешов.....	25-32
Утилизация автомобильного транспорта в Казахстане Н.Ж. Тельман.....	33-37
Исследование влияния угла установки режущего инструмента на шероховатость поверхности при обработке способом ротационно-фрикционного точения К.Т. Шеров, А.К. Ракишев.....	38-47
Разработка программно-математического обеспечения расчета движения БПЛА Д.Ш. Ахмедов, Ш.Ж. Мусиралиева, А.С. Сухенко, Ш.М. Борашова.....	48-54
Оценка помехозащищенности сигналов спутниковых систем навигации М.Н. Байсеркенов.....	54-58
Разработка ГИС мониторинга воздушного бассейна и публикация результатов анализа как размещенных слоев в Arcgis online А.Т. Бисаринова, Abudujialeli Niyazibieke (Jiang, Zhongying), Т. Омарбекұлы, А.Қ. Мамырова.....	59-65
Внедрение М2М рынка в Казахстане А.Т. Жетписбаева, А.Н. Каргулова, Д.А. Нурпейсова.....	66-70
Обеспечение информационной безопасности компьютерных систем с помощью нейронных сетей К.С. Иманбаев, М.М. Сыдыкова А.Н. Нургулжанова, Э.Н. Дайырбаева.....	71-75
Выявление и устранение противоречий в больших данных Д.Т. Касымова, Д.М. Ескендинова, А.Т. Ахмедиярова.....	76-80
Создание компьютерной архитектуры и визуализация проекта 3 МВт солнечной станции Международного казахско-турецкого университета имени Х.А. Ясави Т.К. Койшиев, Б.Б. Ергешов, Ж.Ж. Калиев.....	80-88
Картографирование потенциала ресурсов солнечной радиации Жамбылской области для проектирования PV солнечной технологии Т.К. Койшиев, А.К. Сейтимова, Ә.Р. Карасаева.....	88-94
К вопросу о противостоянии системы LoRa внешним радиопомехам Б.Е. Мамилон.....	94-102
Разработка системы связей для тюркских языков Ф.А. Мурзин, С.К. Сагнаева, А.С. Еримбетова, Э.Н. Дайырбаева.....	102-107

**АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev
ISSN 1609-1817
2017, Vol. 102, No. 3, pp. 48-54

SOFTWARE AND MATHEMATICAL SUPPORT OF CALCULATION OF UAV MOTION

Akhmedov Daulet Shafigulovich, Dr.Sci.(Eng.), Director of AALR "Institute of Space
Technique and Technology", Almaty, Kazakhstan, lacp@mail.ru

Mussiraliyeva Shynar Zhenisbekovna, Cand.Phy-Mat.(Eng.), Associate professor, Al-Farabi
Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, mussiraliyevash@mail.ru

Sukhenko Anna Sergeevna, PhD in Mechanics, head of the sector, AALR "Institute of Space
Technique and Technology", Almaty, Kazakhstan, anna.sukhenko@gmail.com

Borashova Sholpan Malikovna, master student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,
Kazakhstan, sholpanborashova@gmail.com

Abstract. Prediction of the UAV motion plays the important role in the process of creation and design of unmanned aerial vehicles. In this regard the problem of developing software and mathematical support for the calculation of UAV motion is one of the key stages in the UAV design process and it is of great scientific interest. In this paper, software and mathematical support for the investigation of aircraft-type UAV motion under the influence of control forces and moments arising from the operation of the thrust device and control surfaces and aerodynamic disturbances are considered. Aerodynamic disturbances include lift force, lateral force, drag force and moments of aerodynamic forces. The basis of the software and mathematical support for the calculation of the UAV motion is the dynamic equations of motion of the apparatus in the inertial coordinate system derived base on Newton's second law and the kinematic equations of translational and rotational motion that link the components of the position and velocity of the UAV. The right side of dynamic equations contains the aerodynamic disturbances including forces and moments. The design of the UAV motion calculation software was carried out using the object-oriented modeling methodology. Using graphical notations of the unified modeling language (UML), static diagrams are constructed that give an idea of the functionality and basic objects of software and mathematical support of UAV motion calculation. The resulting UML diagrams were used in the process of development of software and mathematical support. The developed software and mathematical support allows to analyze all the necessary characteristics of the UAV motion with the help of a data visualization system in tabular, graphical and three-dimensional form.

Keywords: unmanned aerial vehicle, unmanned aerial vehicle motion, software and support, research, analysis.

УДК 629.7.015

Д.Ш.Ахмедов¹, Ш.Ж.Мусиралиева², А.С.Сухенко¹, Ш.М.Борашова²

¹Институт космической техники и технологий, г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
РАСЧЕТА ДВИЖЕНИЯ БПЛА**

Аннотация. В данной работе рассматривается программно-математическое обеспечение для исследования движения БПЛА самолетного типа под воздействием сил и моментов, возникающих вследствие работы устройства создания тяги и управляющих поверхностей, и аэродинамических возмущений. Аэродинамические возмущения включают подъемную силу, боковую силу, силу сопротивления воздуха и моменты аэродинамических сил. В основу программно-математического обеспечения расчета движения БПЛА положены динамические уравнения движения аппарата в инерциальной системе координат, выведенные на базе второго закона Ньютона, и кинематические уравнения поступательного и вращательного движения, связывающие составляющие положения и скорости БПЛА. Проектирование программного обеспечения расчета

движения БПЛА проведено с использованием методологии объектно-ориентированного моделирования. Разработанное программно-математическое обеспечение позволяет проводить анализ основных характеристик движения БПЛА с помощью системы визуализации данных в табличном, графическом и трехмерном виде.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, движение летательного аппарата, программно-математическое обеспечение, исследование, анализ.

В настоящее время беспилотные летательные аппараты являются одними из наиболее исследуемых тем. Беспилотные летательные аппараты (рисунок 1 [1]) широко используются во всем мире в военной и гражданской сфере для проведения экологического мониторинга, аэрофотосъемки, геологоразведки, осуществления визуального контроля для обеспечения

безопасности и т.д. Важную роль в процессе создания и проектирования таких летательных аппаратов играет прогнозирование движения БПЛА. В связи с этим, задача разработки программно-математического обеспечения (ПМО) расчета движения БПЛА является одним из ключевых этапов процесса проектирования БПЛА и представляет большой научный интерес.



Рисунок 1 – Беспилотный летательный аппарат
Figure 1 – Unmanned aerial vehicle

На текущий момент разработке программно-математического обеспечения расчета движения БПЛА посвящено множество работ. В частности, в работе [2] представлено программное обеспечение для исследования движения и отработки системы управления роторного БПЛА - квадрокоптера. Работа [3] посвящена разработке программного обеспечения для расчета динамики и управления БПЛА самолетного типа с вертикальным взлетом.

В данной работе рассматривается задача разработки программно-математического обеспечения, которое позволяет исследовать движение БПЛА с учетом особенностей его конструкции, что проявляется в формулировке математической модели расчета управляющих и возмущающих воздействий.

Математическая модель движения БПЛА

Для описания движения БПЛА вводятся следующие системы координат: инерциальная система координат, связанная система координат, полусвязанная система координат, скоростная система координат.

Для вывода динамических уравнений движения аппарата применяется второй закон Ньютона.

Динамические уравнения движения центра масс БПЛА имеют вид:

$$\begin{pmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{w} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} rv - qw \\ pw - ru \\ qu - pv \end{pmatrix} + \frac{1}{m} \begin{pmatrix} T + D \\ L_y \\ L_z \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где m - масса БПЛА, p, q, r - скорость крена, тангажа, рысканья, D - сила сопротивления воздуха, L - подъемная сила, T - сила тяги.

Выражение для силы сопротивления воздуха, боковой и подъемной силы в правой части уравнений (1) имеют вид [4]:

$$D = \frac{1}{2} \rho V_a^2 S \left(-C_D(\alpha) \sin \alpha - C_L(\alpha) \cos \alpha + (-C_{D\delta} \sin \alpha - C_{L\delta} \cos \alpha) \frac{c}{2V_a} \right), \quad (2)$$

$$L_y = \frac{1}{2} \rho V_a^2 S \left(C_{y0} + C_{y\beta} + C_{y\dot{\beta}} \frac{b}{2V_a} p + C_{y\dot{p}} \frac{b}{2V_a} r + C_{y\delta_a} \delta_a + C_{y\delta_r} \delta_r \right), \quad (3)$$

$$L_z = \frac{1}{2} \rho V_a^2 S \left(-C_D(\alpha) \cos \alpha + C_L(\alpha) \sin \alpha - C_D \cos \alpha \frac{c}{2V_a} q + C_{Lq} \sin \alpha \frac{c}{2V_a} q - \right. \\ \left. - C_{D\delta_e} \cos \alpha \delta_e + C_{L\delta_e} \sin \alpha \delta_e \right), \quad (4)$$

где ρ - плотность воздуха, S - площадь сечения БПЛА, V_a - скорость набегающего потока, α - угол атаки, C_D , C_L - коэффициенты аэродинамического лобового сопротивления и подъемной силы, c , b - средняя аэродинамическая хорда и размах крыла, δ_a , δ_r , δ_e - углы отклонения элеронов, рулей направления и рулей высоты.

Динамические уравнения вращательного движения имеют вид:

$$M_x = \frac{1}{2} \rho V_a^2 S b \left(C_{L\alpha} + C_{L\beta} \frac{b}{2V_a} p + C_{L\dot{\beta}} \frac{b}{2V_a} p + C_{L\dot{p}} \frac{b}{2V_a} r + C_{L\delta_a} \delta_a + C_{L\delta_r} \delta_r \right), \quad (6)$$

$$M_y = \frac{1}{2} \rho V_a^2 S c \left(C_{m0} + C_{m\alpha} \alpha + C_{mq} \frac{c}{2V_a} q + C_{m\delta_e} \delta_e \right), \quad (7)$$

$$M_z = \frac{1}{2} \rho V_a^2 S b \left(C_{n0} + C_{n\beta} \beta + C_{n\dot{\beta}} \frac{b}{2V_a} p + C_{n\dot{p}} \frac{b}{2V_a} r + C_{n\delta_a} \delta_a + C_{n\delta_r} \delta_r \right). \quad (8)$$

где C_L , C_m , C_n - аэродинамические коэффициенты подъемной силы, момента по оси тангажа, вдоль оси z связанной системы отсчета, β - угол скольжения.

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta \cos \psi & \sin \phi \sin \theta \cos \psi - \cos \phi \sin \psi & \cos \phi \sin \theta \cos \psi + \sin \phi \sin \psi \\ \cos \theta \sin \psi & \sin \phi \sin \theta \sin \psi + \cos \phi \cos \psi & \cos \phi \sin \theta \sin \psi - \sin \phi \cos \psi \\ -\sin \theta & \sin \phi \cos \theta & \cos \phi \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix}, \quad (9)$$

где x , y , z - инерциальные координаты положения БПЛА, ϕ - угол крена, θ - угол тангажа, ψ - угол рысканья, u, v, w - скорости в связанной системе.

Аналогично кинематические уравнения вращательного движения связывают три составляющие углового

$$\begin{pmatrix} \dot{p} \\ \dot{q} \\ \dot{r} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (B-C)qr + M_x + M^T \\ (C-A)pr + M_y \\ (A-B)pq + M_z \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где A, B, C - моменты инерции, M_x, M_y, M_z - моменты аэродинамических сил, M^T - момент силы тяги.

Выражения для моментов аэродинамических сил имеют вид в правой части уравнений (5) имеют вид [4]:

Кинематические уравнения поступательного движения связывают три составляющие положения и три составляющие скорости БПЛА.

положения и три составляющие угловой скорости БПЛА.

$$\begin{pmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \sin \phi \tan \theta & \cos \phi \tan \theta \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \frac{\sin \phi}{\cos \theta} & \frac{\cos \phi}{\cos \theta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p \\ q \\ r \end{pmatrix} \quad (10)$$

Программное обеспечение расчета движения БПЛА

При проектировании программного обеспечения расчета движения БПЛА используется методология объектно-ориентированного моделирования. В качестве основного средства визуального представления модели использованы графические нотации унифицированного языка моделирования UML.

Программное обеспечение расчета движения БПЛА состоит из трех основных объектов – «Внешняя среда», «Движение БПЛА», «Система управления движением БПЛА» (Ошибка! Источник ссылки не найден).

Из приведенной диаграммы видно, что объект «Внешняя среда» включает следующие объекты: «Воздействие гравитационного поля», «Воздействие атмосферы».

Объект «Воздействие гравитационного поля» предназначен для вычисления гравитационного возмущения Земли, влияющего на движение центра масс БПЛА. Объект «Воздействие

атмосферы» предназначен для вычисления возмущения от сопротивления атмосферы движению БПЛА по заданной траектории, вычисления возмущения от аэродинамического момента, влияющего на вращательное движение, вычисления боковой, подъемной сил и силы лобового сопротивления.

Объект «Движение БПЛА» предназначен для расчета основных характеристик движения БПЛА: положения и скорости центра масс, углового положения и угловой скорости.

Объект «Система управления движением» включает объекты «Органы управления», «Устройство управления», «Датчики». Объект «Органы управления» предназначен для расчета управляющих сил и моментов от управляющих поверхностей и устройства создания тяги. Объект «Устройство управления» предназначен для расчета управляющих сигналов, поступающих на органы управления. Объект «Датчики» предназначен для расчета текущих характеристик движения БПЛА.

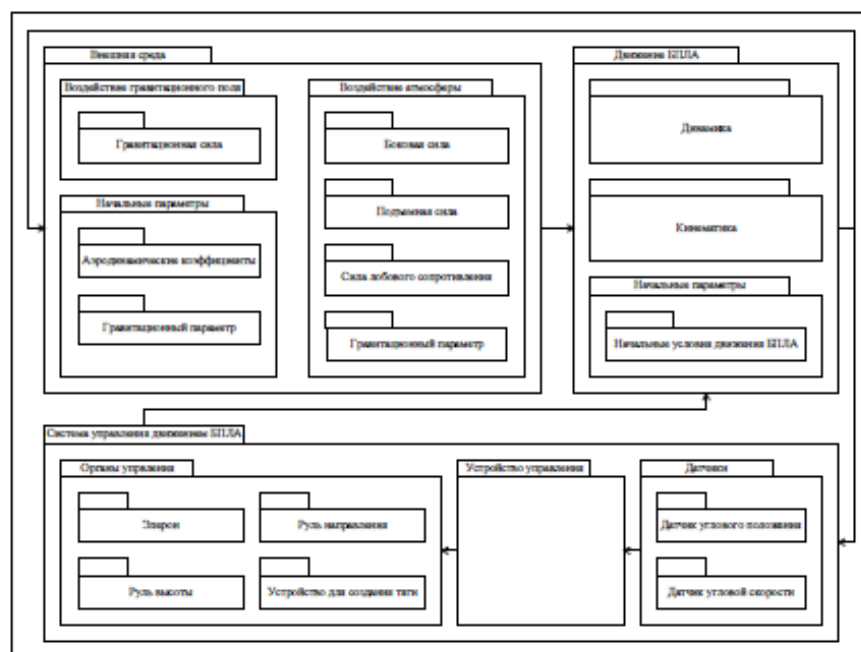


Рисунок 2 – Диаграмма объектов ПМО расчета движения БПЛА
Figure 2 – Object diagram of software and mathematical support of UAV motion calculation

Комплекс задач, которые выполняет программно-математическое обеспечение расчета движения БПЛА, представлен в виде диаграммы прецедентов на рисунке 3. Из приведенной диаграммы видно, что основными функциями объекта являются: задание начальных условий моделирования движения БПЛА и запуск моделирования, расчет положения и скорости движения центра масс БПЛА, расчет углового положения и угловой скорости БПЛА, визуализация движения и траектории БПЛА.

Полученные UML - диаграммы использованы для разработки имитационной модели движения БПЛА, которая представлена на рисунке 4.

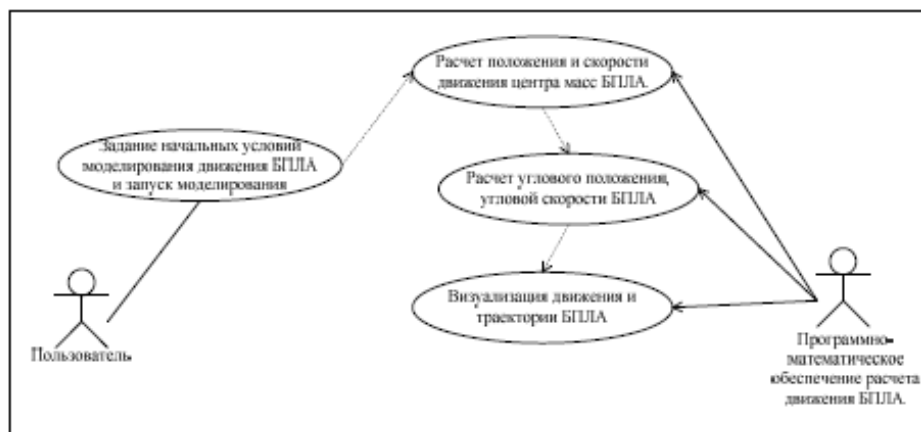


Рисунок 3 – Диаграмма прецедентов ПМО расчета движения БПЛА
Figure 3 – Use cases diagram of software and mathematical support of UAV motion calculation

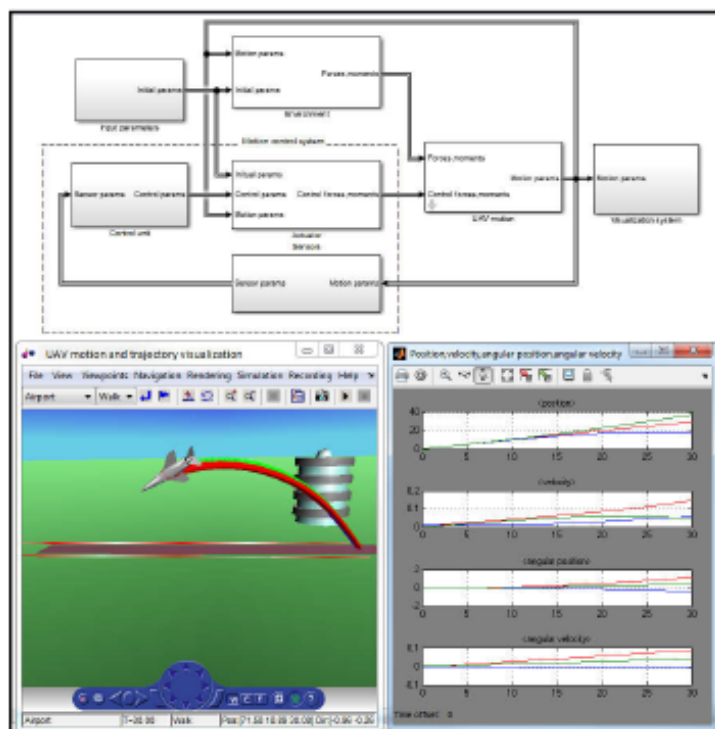


Рисунок 4 – Имитационная модель движения БПЛА
Figure 4 – Simulation model of UAV motion

Разработанное программно-математическое обеспечение может быть использовано для исследования динамики и проектирования систем управления движением БПЛА самолетного типа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] RQ-11 Raven Unmanned Aerial Vehicle, United States of America [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.army-technology.com/projects/rq11-raven/> (дата обращения: 24.07.2017)
- [2] Carlos L. Design of a trajectory tracking controller for a nanoquadcopter, Technical report, Mobile Robotics and Autonomous Systems Laboratory, Polytechnique Montreal, 2016 – 103 p.
- [3] Кусайнов А.А. Разработка системы управления беспилотным летательным аппаратом по заданной траектории: дис. ... маг.: 230100.68. – Новосибирск, 2013. – 60 с.
- [4] Beard R.W., McLain T.W. Small unmanned aircraft: theory and practice. – New Jersey: Princeton University Press, 2012. – 300 p.

REFERENCES

- [1] RQ-11 Raven Unmanned Aerial Vehicle, United States of America [Electronic resource]. - URL: <http://www.army-technology.com/projects/rq11-raven/> (date of the application: 24.07.2017)
- [2] Carlos L. Design of a trajectory tracking controller for a nanoquadcopter, Technical report, Mobile Robotics and Autonomous Systems Laboratory, Polytechnique Montreal, 2016 – 103 p.
- [3] Kusainov A.A. *Razrabotka sistemy upravleniya bespilotnym letatelnyim apparatom po zadannoi traektorii* [In Russian: Development of a control system for an unmanned aerial vehicle along a specified trajectory]: dis. ... mag.: 230100.68. – Novosibirsk, 2013. – 60 p.
- [4] Beard R.W., McLain T.W. Small unmanned aircraft: theory and practice. – New Jersey: Princeton University Press, 2012. – 300 p.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСЧЕТА ДВИЖЕНИЯ БПЛА

Ахмедов Даулет Шафигуллович, д.т.н., директор ДТОО «Институт космической техники и технологий», г. Алматы, Республика Казахстан, lasr@mail.ru

Мусиралиева Шынар Женсибековна, к.ф.м.н., доцент, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, mussiraliyevash@mail.ru

Сухенко Анна Сергеевна, PhD, по специальности механика, заведующий сектором, ДТОО «Институт космической техники и технологий», г. Алматы, Казахстан, anna.sukhenko@gmail.com

Борашова Шолпан Маликовна, магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, sholpanborashova@gmail.com

ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТЫНЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫН ЕСЕПТЕУДІҢ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ-МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫН ӨЗІРЛЕУ

Ахмедов Даулет Шафигуллович, т.ғ.д., «Ғарыштық техника және технологиялар институты» ЕЖШС директоры, Алматы қ., Қазақстан, lasr@mail.ru

Мусиралиева Шынар Женсибековна, ф.-м.ғ.к., доцент, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, mussiraliyevash@mail.ru

Сухенко Анна Сергеевна, механика мамандығы бойынша PhD, сектор меңгерушісі, «Ғарыштық техника және технологиялар институты» ЕЖШС, Алматы қ., Қазақстан, anna.sukhenko@gmail.com

Борашова Шолпан Маликовна, магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, sholpanborashova@gmail.com

Аңдатпа. Бұл жұмыста аэродинамикалық ауытқулар мен басқарылатын жазықтықтар мен тартуды жасау құрылғылары жұмысының әсерінен пайда болатын күштер мен моменттер әсерінен болатын ұшақ типті ұшқышсыз ұшу аппараты қозғалысын зерттеуге арналған бағдарламалық-математикалық жасақтама қарастырылады. Аэродинамикалық ауытқулар көтеру күшінен, бүйір күшінен, ауаның кедергі күшінен және аэродинамикалық күштердің моменттерінен тұрады. Ұшқышсыз ұшу аппараты қозғалысын есептеудің бағдарламалық-математикалық жасақтаманың негізіне Ньютонның екінші заңы негізінде қорытылған инерциалды координаттар жүйесіндегі аппарат қозғалысының динамикалық теңдеулері мен ұшқышсыз ұшу аппараты күйі мен жылдамдығы құрамдас бөліктерін байланыстыратын ілгерілемелі және айналмалы қозғалысының кинематикалық теңдеулері алынған. Ұшқышсыз ұшу аппараты динамикасын есептеудің

бағдарламалық қамтамасыз етуін жобалау нысанға бағытталған модельдеу әдістемесін қолдану арқылы жүргізілген. Өзірленген бағдарламалық-математикалық жасақтама ұшқышсыз ұшу аппараты қозғалысының бар қажетті сипаттамаларына деректерді кестелік, графикалық және үшөлшемді түрде визуализациялау жүйесін қолдану арқылы талдау жүргізуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: ұшқышсыз ұшу аппараты, ұшу аппаратының қозғалысы, бағдарламалық-математикалық жасақтама, зерттеу, талдау.

Статья поступила в редакцию 25.07.17. Актуализирована 06.08.17. Принята к публикации 18.08.17

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev
ISSN 1609-1817
2017, Vol. 102, No. 3, pp. 54-58

ESTIMATION OF INTERFERENCE OF SIGNALS OF SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS

Baiserkenov Madiyar Nurkalyimovich, PhD doctor student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, m.n.baiserkenov@mail.ru

Abstract. The aim of the work is to estimate the interference of various kinds with navigation receivers of global navigation systems. The study was carried out using mathematical modeling. Also for the practical study, a navigation receiver has been designed and assembled. To simulate various types of noise, frequency generators and electronic boards with quartz oscillators controlled by microcontrollers were used.

Mathematical models of interference of satellite navigation systems GLONASS, GPS and Galileo are considered. The criterion of the influence of structural interference on the ground control system of satellites is determined. Noise interference is estimated. The noise immunity of satellite navigation systems is estimated by the criterion of the interference-to-signal ratio at the output of the correlator of the ground control complex. The influence of structural and noise interference on the noise immunity of the ground segment is estimated. The results of the work can be applied in various fields, from civilian to military appointments. Navigation receivers are widely distributed throughout the world. Widely used in the navigation of telephone sets, vehicles, shipping and various kinds of aircraft.

The obtained results are valid for estimating the noise immunity of one navigation satellite. The frequency separation of channels used in the GLONASS satellite navigation system, from the energy point of view, makes it more noise-resistant than the GPS satellite navigation system and Galileo, in which code division of signals is applied. To disrupt the operation of the satellite navigation system, the effect of interference on at least three satellites is necessary, in order to provide unreliable information to the ground control complex.

Keywords: GLONASS, GPS, Galileo, ground control complex, noise immunity.

УДК 006.629.7

М.Н. Байсеркенов¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

ОЦЕНКА ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ СИГНАЛОВ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ

Аннотация. Рассмотрены математические модели помех спутниковых систем навигации (СН) ГЛОНАСС, GPS и Galileo. Определен критерий воздействия структурных помех на наземный комплекс управления (НКУ) спутниками. Проведена оценка шумовых помех. Произведена оценка помехозащищенности СН по критерию отношения помеха-сигнал на выходе коррелятора НКУ. Оценено влияние структурных и шумовых помех на помехозащищенность наземного сегмента.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, GPS, Galileo, наземный комплекс управления, помехозащищенность.