



АВИАЦИЯ ♦ РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА ♦ КОСМОНАВТИКА

Орган Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского
и Академии наук авиации и воздухоплавания

Журнал выходит ежемесячно
Выпускается с августа 1998 г.

Г.В. НОВОЖИЛОВ – Главный редактор (авиация), академик РАН

А.С. КОРОТЕЕВ – Главный редактор (ракетная техника и космонавтика), академик РАН, профессор

Члены редакционной коллегии

А.А. АЛЕКСАНДРОВ, д.т.н., проф.
А.П. АЛЕКСАНДРОВ, к.т.н., летчик-космонавт
Б.С. АЛЕШИН, академик РАН
Б.В. БАЛЬМОНТ, академик РАКЦ
В.Г. ДМИТРИЕВ, чл.-кор. РАН
Б.И. КАТОРГИН, академик РАН, проф.
А.А. ЛЕОНОВ, к.т.н., летчик-космонавт
А.М. МАТВЕЕНКО, академик РАН, проф.
С.В. МИХЕЕВ, академик РАН
Н.Ф. МОИСЕЕВ, к.т.н.
М.А. ПОГОСЯН, академик РАН, проф.
И.Б. ФЕДОРОВ, академик РАН
Е.А. ФЕДОСОВ, академик РАН, проф.
В.В. ХАРТОВ, д.т.н., проф.
С.Л. ЧЕРНЫШЕВ, академик РАН, проф.

Редакционный совет

А.М. МАТВЕЕНКО, председатель редсовета, академик РАН, проф.
О.М. АЛИФАНОВ, чл.-кор. РАН, проф.
И.В. БАРМИН, чл.-кор. РАН, проф.
В.Е. БАРСУК, к.т.н.
В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ, д.т.н., проф.
О.Ф. ДЕМЧЕНКО, к.э.н.
Н.Н. ДОЛЖЕНКОВ, д.т.н.
С.Ю. ЖЕЛТОВ, академик РАН
Л.М. ЗЕЛЕНЬИЙ, академик РАН, проф.
А.Н. КИРИЛИН, д.т.н.
В.А. КОМАРОВ, д.т.н., проф.
А.А. КОРОТЕЕВ, академик РАН
В.П. ЛОСИЦКИЙ, инж.
Л.Н. ЛЫСЕНКО, д.т.н., проф.
А.П. МАНИН, д.т.н.
К.М. ПИЧХАДЗЕ, д.т.н., проф.
С.С. ПОЗДНЯКОВ, инж.
Ю.А. РЫЖОВ, академик РАН, проф.
В.Г. СВЕТЛОВ, д.т.н.
А.Н. СЕРЬЕЗНОВ, д.т.н.
В.П. СОКОЛОВ, д.т.н., проф.
В.А. СОЛОВЬЕВ, чл.-кор. РАН, проф., летчик-космонавт
В.В. ШАЛАЙ, д.т.н., проф.
В.А. ШАТАЛОВ, летчик-космонавт

Редактор-организатор
О.С. РОДЗЕВИЧ

Ответственный секретарь
О.Г. КРАСИЛЬНИКОВА

Учредитель и издатель
ООО "Машиностроение – Полет"

© ООО "Машиностроение – Полет", 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Артамонов Б.Л., Кузнецов А.В., Ивчин В.А. Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик корпусов вертолетов семейства Ми-8/Ми-17 различных модификаций 3

Судов Е.В., Петров А.Н., Карташев А.В. Стандартизация и управление процессами жизненного цикла авиационной техники 18

Меркулов В.И., Пляшечник А.С. Групповое целераспределение воздушных объектов с учетом их приоритета . . . 26

Бомштейн К.Г. Морально-правовые проблемы применения боевых беспилотных летательных аппаратов и поиск путей их решения 32

Кучкин В.Н. Расчет частот кавитационных автоколебаний в насосных системах подачи 38

Безуглов А.А., Галаева К.И., Детков А.Н. Метеорологический радиолокационный комплекс обеспечения безопасности полетов авиации в различных климатических зонах 46

Петухов С.В., Швед Ю.В., Иванюгин В.М. Корреляционно-экстремальный алгоритм обработки последовательности изображений при наклонной съемке с низколетящего беспилотного летательного аппарата 51

Гальперин Д.М. Современные направления мониторинга технического состояния самолетов 58

Иванов А.В. От катера "Волга-2" до авиационно-космических систем. Проблемы экранопланостроения в Российской Федерации 69

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней.

Мнение редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов статей. За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель. Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается. Аннотации статей журнала и требования к оформлению предоставляемых авторами рукописей приведены на сайте <http://ros-polet.ru>

Адрес редакции: 107076, РФ, г. Москва, Стромынский пер., 4
Телефон: 8 (499) 269-54-97; + 7-926 916-03-58
Адрес электронной почты: rosपोlet@mail.ru
Адрес в интернете: <http://ros-polet.ru>



AVIATION ♦ ROCKET TECHNOLOGY ♦ COSMONAUTICS

Journal of Russian Academy of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky and Academy of Aviation and Aeronautics Sciences

The journal is issued monthly
Published since August 1998

G.V. NOVOZHILOV —

Editor-in-Chief (Aviation), Acad., RAS

A.S. KOROTEYEV —

Editor-in-Chief (Rocket Technology and Cosmonautics), Acad., RAS, Prof.

Board

Members of Editorial

A.A. ALEKSANDROV, Dr. Sci. (Eng.), Prof.
A.P. ALEKSANDROV, Cand. Sci. (Eng.), Prof., Pilot-Cosmonaut
B.S. ALESHIN, Acad., RAS
B.V. BALMONT, Member, RACTs.
V.G. DMITRIYEV, Corresp. Member, RAS
B.I. KATORGIN, Acad., RAS, Prof.
A.A. LEONOV, Cand. Sci. (Eng.), Pilot-Cosmonaut
A.M. MATVEYENKO, Acad., RAS, Prof.
S.V. MIKHEYEV, Acad., RAS
N.F. MOISEEV, Cand. Sci. (Eng.)
M.A. POGOSYAN, Acad., RAS, Prof.
I.B. FEDOROV, Acad., RAS
E.A. FEDOSOV, Acad., RAS, Prof.
V.V. KHARTOV, Dr. Sci. (Eng.), Prof.
S.L. CHERNYSHEV, Acad., RAS, Prof.

Members of Editorial Committee

A.M. MATVEENKO, Chair of Edit. Committee
O.M. ALIFANOV, Corresp. Member, RAS, Prof.
I. V. BARMIN, Corresp. Member, RAS, Prof.
V.E. BARSUK, Cand. Sci. (Eng.)
V.F. BEZYAZYCHNYI, Dr. Sci. (Eng.), Prof.
O.F. DEMCHENKO, Cand. Sci. (Econ.)
N.N. DOLZHENKOV, Dr. Sci. (Eng.)
S.Yu. ZHELTOV, Acad., RAS
L.M. ZELENY, Acad., RAS, Prof.
A.N. KIRILIN, Dr. Sci. (Eng.)
V.A. KOMAROV, Dr. Sci. (Eng.), Prof.
A.A. KOROTEYEV, Acad., RAS
V.P. LOSITSKY, Eng.
L.N. LYSENKO, Dr. Sci. (Eng.), Prof.
A.P. MANIN, Dr. Sci. (Eng.)
K.M. PICHKHADZE, Dr. Sci. (Eng.), Prof.
S.S. POZDNYAKOV, Eng.
Yu.A. RYZHOV, Acad., RAS, Prof.
V.G. SVETLOV, Dr. Sci. (Eng.)
A.N. SERYOZNOV, Dr. Sci. (Eng.)
V.P. SOKOLOV, Dr. Sci. (Eng.), Prof.
V.A. SOLOV'EV, Corresp. Member, Prof., RAS, Pilot-Cosmonaut
V.V. SHALAY, Dr. Sci. (Eng.), Prof.
V.A. SHATALOV, Pilot-Cosmonaut

Editor Organizer
O.S. RODZEVICH
Responsible Secretary
O.G. KRASILNIKOVA

The Fonder and publisher of a magazine:
Ltd Co "Mashinostroenie – Polyot"

© Ltd Co "Mashinostroenie – Polyot", 2017

CONTENTS

- Artamonov B.L., Kuznetsov A.V., Ivchin V.A. Experimental Research Of Aerodynamic Performance Of Airframes Of Various Versions Of Mil-8/Mil-17 Helicopter Family 3
- Sudov E.V., Petrov A.N., Kartashev A.V. Standardization And Aircraft Life-Cycle Management 18
- Merkulov V.I., Plyashechnik A.S. Target Assignment Problem For Aircrafts With Priority Targets 26
- Bomstein K.G. The Moral And Legal Problems Of The Use Of Combat Drones And Finding Ways To Solve Them 32
- Kuchkin V.N. Calculation Of Cavitation-Induced Oscillation Frequencies In Pump Feed Systems 38
- Bezuglov A.A., Galaeva K.I., Detkov A.N. Weather Flights Safety Radar For Different Climatic Areas 46
- Petukhov S.V., Shved Yu.V., Ivanyugin V.M. Correlation-Extreme Algorithm Image Processing Sequence With Tilted Shooting With Low-Flying Unmanned Aerial Vehicle 51
- Galperin D.M. Modern Trends Of Aircraft Technical Condition Monitoring 58
- Ivanov A.I. From The Boat "Volga-2" To Aerospace Systems. Problems Ekranoplane In The Russian Federation 69

The journal is in the list of editions, authorized by the Supreme Certification Committee of the Russian Federation to publish the works of those applying for a scientific degree.

Viewpoints of authors of papers do not necessarily represent the Editorial Staff's opinion.

Post-graduates have not to pay for the publication of articles.

Annotations of magazine articles and features required of author manuscript desing are available at Internet Site <http://ros-polet.ru>

Address of the editorial office: 107076, Moscow, Stromynsky per., 4
Phone: 8 (499) 269-54-97; + 7-926 916-03-58
E-mail address: rospolet@mail.ru
Internet address: <http://ros-polet.ru>

Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик корпусов вертолетов семейства Ми-8/Ми-17 различных модификаций

Б.А. Артамонов, А.В. Кузнецов, В.А. Ивчин

E-mail: valivchin@mail.ru

Описана технология проектирования и изготовления вариативной продувочной модели корпуса вертолета одновинтовой схемы семейства Ми-8/Ми-17, предназначенной для экспериментального определения его оптимальной аэродинамической конфигурации путем изменения формы носовой и хвостовой частей, топливных баков, стабилизатора, килевой балки, пылезащитных устройств. Продувочная модель спроектирована на основе трехмерной виртуальной модели поверхности вертолета, выполненной в системе геометрического моделирования SolidWorks, и изготовлена с использованием различных технологий 3D-прототипирования на оборудовании с числовым программным управлением.

Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик модели выполнены в трубе Т-1 МАИ в диапазоне углов атаки $-30^\circ \dots 30^\circ$ и углов скольжения $-180^\circ \dots 180^\circ$ при различных значениях углов установки стабилизатора и килея. Приводятся сравнительные аэродинамические характеристики модели в различных конфигурациях, дается оценка влияния вариативных элементов конструкции на силы и моменты, возникающие на корпусе вертолета на различных режимах полета.

Ключевые слова: аэродинамическая характеристика; экспериментальные исследования; модель производственной технологии.

B.L. Artamonov, A.V. Kuznetsov, V.A. Ivchin. Experimental Research Of Aerodynamic Performance Of Airframes Of Various Versions Of Mil-8/Mil-17 Helicopter Family

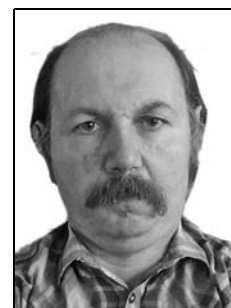
The paper describes the technology of design and manufacturing of a variable wind-tunnel model of an airframe of a single-rotor helicopter, which belongs to Mil-8/Mil-17 family. This model was created for experimental optimization of helicopter aerodynamic configuration by variation of the shape of the helicopter nose and tail parts, external fuel tanks, horizontal stabilizer, tail rotor pylon and engine air particle separators. The wind-tunnel model was designed on the basis of the virtual 3-D model of helicopter surface. This virtual 3-D surface model was created with the use of the Solid Works geometric computer simulation system. The variable wind-tunnel model was manufactured with the use of various 3-D prototyping technologies on a computer numerical control machine.

The experimental research of model aerodynamic performance was carried out in T-1 wind-tunnel of MAI for the following conditions: range of the angle of attack values from -30 to $+30$ degrees; range of yaw angle values from -180 to $+180$ degrees; different values of setting angles of horizontal stabilizer and vertical fin. The paper lists comparative aerodynamic performance of the different model configurations. The paper also adduces the assessment of the impact of the variable model parts on the aerodynamic forces and moments, which emerge and act on the helicopter airframe in different flight modes.

Keywords: aerodynamic performance; experimental research; model manufacturing technology.



АРТАМОНОВ
Борис Лейзерович —
доцент Московского
авиационного института
(национального
исследовательского
университета),
кандидат техн. наук



КУЗНЕЦОВ
Александр Валерьевич —
старший преподаватель
Московского
авиационного института
(национального
исследовательского
университета)



ИВЧИН
Валерий Андреевич —
начальник отдела
АО "МВЗ
имени М.Л. Миля",
кандидат техн. наук

Что касается коэффициентов момента, то здесь наблюдается более интенсивное влияние формы концевой балки. Например, при установке концевой балки *КБ2* момент крена $m_{\text{ка}}(\beta)$ по сравнению с базовым вариантом балки *КБ1* меняет свой знак на положительных углах скольжения с положительного на отрицательный, а при углах скольжения $\beta \approx 20^\circ$ отличается от базового варианта более чем в два раза.

При отрицательных углах скольжения такого эффекта не наблюдается, что может быть связано с эффектами интерференции.

Такое же по характеру качественное влияние имеет место и в зависимостях момента рыскания $m_{\text{ya}}(\beta)$.

В заключение сделаем следующие выводы.

1. Современные технологии быстрого пространственного прототипирования позволяют оперативно и по доступной стоимости создать продувочные модели летательных аппаратов с достаточно сложной формой поверхности на основе их виртуальных 3D-моделей. Точность изготовления обеспечивает гладкие переходы между сопрягаемыми частями модели во всех вариантах комплектации.

2. Аэродинамические характеристики вариативной модели вертолета семейства *Ми-8/Ми-17*, полученные в трубе Т-1 МАИ, удовлетворяют условию автомодельности. Разбиение диапазона испытаний по углу скольжения на два поддиапазона с расположением модели в нормальном и перевернутом положениях позволило получить согласованные аэродинамические характеристики в зоне перекрытия, что явилось одним из критериев достоверности полученных результатов эксперимента.

3. Полученные результаты в целом согласуются с экспериментальными данными испытаний различных моделей вертолета *Ми-8*, полученными ранее в аэродинамических трубах ЦАГИ: хорошо согласуются продольные аэродинамические характеристики по углам атаки и скольжения, несколько хуже — поперечные характеристики по углу скольжения.

4. Разработанные технологии проведения эксперимента на базе аэродинамической трубы Т-1 МАИ могут быть использованы для получения характеристик других вертолетов [11].

Библиографический список

1. Артамонов Б.Л., Кузнецов А.В., Ивчин В.А., Иванов Ф.И. Экспериментальные исследования в аэродинамической трубе Т-1 МАИ аэродинамических характеристик вариативной модели вертолета Ми-171А2 // Тр. 10-го форума Российского вертолетного общества, Москва, МАИ, 28–29 ноября 2012 г.
2. Самарский А. Вертолет Ми-171А2: обзор, технические характеристики. URL: <http://fb.ru/article/241759/vertolet-mi--a-obzor-tehnicheskie-harakteristiki> (дата обращения: 13.04.2016.).
3. Дмитриев В.Г., Буньков Н.Г., Вермель В.Д. Формирование электронной внешней геометрии летательного аппарата на этапе научных исследований, автоматизация проектирования и производства аэродинамических моделей // Сб. "Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение" / под ред. А.Г. Братухина. М.: НИЦ АСК, 2008.
4. Панченко В.Я. (ред.) Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок. Разд. "Лазерные технологии быстрого прототипирования и прямой фабрикации трехмерных объектов". М.: Физматлит, 2009. 664 с.
5. Сироткин О.С., Тарасов Ю.М., Рыцев С.Б., Гирш Р.И. Прототипирование и технология послойного синтеза в современном компьютеризированном производстве // Сб. "Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение" / под ред. А.Г. Братухина. М.: НИЦ АСК, 2008.
6. Данилов В.А., Другов А.Г., Тетерин И.В. Вертолет Ми-8. М.: Транспорт, 1979.
7. Михеев В.Р. Московский вертолетный завод им. М.Л. Миля. М.: Polygon Press, 2007.
8. Тарасов Н.Н. Экспериментальные исследования аэродинамики корпусов и винтовых рулевых устройств вертолетов // Тр. 1-го форума Российского вертолетного общества. Т. 1, Москва, 20–21 сентября 1994 г.
9. Браверманн А.С., Перлштейн Д.М., Лаписова С.В. Балансировка одновинтового вертолета. М.: Машиностроение, 1975.
10. Вертолет Ми-8. Техническое описание. М.: Машиностроение, 1970.
11. Artamonov B.L., Ivchin V.A. Experimental Research of Aerodynamic Performance of Mil-171A2 Helicopter Airframe Variable Model in T-1 Wind-Tunnel of MAI // 39-th European Rotorcraft Forum, Moscow, 3–6 September, 2013.



СУДОВ
Евгений Владимирович — директор по науке НИЦ "Прикладная Логистика", доктор техн. наук



ПЕТРОВ
Андрей Николаевич — начальник отделения Летно-исследовательского института имени М.М. Громова, кандидат техн. наук



КАРТАШЕВ
Алексей Викторович — начальник Центра каталогизации Рособоронэкспорта, доктор техн. наук

Стандартизация и управление процессами жизненного цикла авиационной техники

Е.В. Судов, А.Н. Петров, А.В. Карташев

E-mail: sudoff@apl.ru; andrey-ii@ya.ru; ncbrus@post.rusarm.ru

Изложены проблемы отечественной стандартизации в связи с развитием технологий управления процессами жизненного цикла авиационной техники. Указаны недостатки систем стандартов, используемых при создании и эксплуатации самолетов и вертолетов, а также рассмотрены принципы развития этих систем. Предложены пути устранения указанных недостатков при разработке и пересмотре стандартов общетехнического и двойного назначения для сложных изделий авиационной техники.

Ключевые слова: авиационная техника; жизненный цикл; технология; стандартизация.

E.V. Sudov, A.N. Petrov, A.V. Kartashev. Standardization And Aircraft Life-Cycle Management

The article considers national standardization problems deal with the evolvement of aircraft life-cycle management. Certain deficiencies shown for the systems of standards involved in the development and operation of airplanes and helicopters as well as principles proposed for improvement of these systems. Proposals outlined aimed to eliminate shown deficiencies within the development and revision of general technic and dual-purpose standards used for complex aviation items.

Keywords: aircraft; life cycle; technology; standardization.

Накопленный при создании и эксплуатации авиационной техники (АТ) опыт показал, что результат этой деятельности существенно зависит от эффективности управления характеристиками АТ и системы технической эксплуатации (СТЭ) АТ на стадиях и этапах жизненного цикла (ЖЦ) АТ. По мере развития производственных и информационных технологий растет актуальность совершенствования управления процессами ЖЦ АТ. Это связано с рядом следующих основных факторов:

увеличение сложности конструкции АТ, включая увеличение доли используемых электронных и программных составных частей (СЧ), быстрое развитие и внедрение новых материалов и технологий. Это приводит не только к повышению эффективности АТ, но и к росту стоимости ее создания, обеспечения эксплуатации (ремонта) и утилизации;

создание различных модификаций АТ с учетом требований заказчиков ведет к росту объемов конструкторской, производственной, эксплуатационной и иной информации, сопровождающей ЖЦ АТ;

требования к высокой квалификации персонала и необходимость использования специализированного оборудования для технического обслуживания и ремонта АТ и ее СЧ ведут к изменению традиционного распределения работ между поставщиком и потребителем (эксплуатирующей организацией). Особенно это касается АТ военного назначения.

ших электронных документов к распределенным базам данных и интерактивным средствам работы с документацией нового поколения, включая документы, удостоверяющие летную годность АТ (например, [5–7]).

Нормативное правовое обеспечение вопросов управления ЖЦ

Реализация разработанных предложений предполагает решение не только технических, но и организационно-экономических задач, что затрагивает действующее законодательство в части, касающейся вопросов финансирования работ в интересах государственных заказчиков. Например, реализация долгосрочных контрактов, предметом которых является обеспечение заданных уровней комплексных показателей (исправности, готовности и др.), входит в противоречие с нормами Федерального закона "О государственном оборонном заказе" (№ 275-ФЗ) в вопросах долгосрочного финансирования и видов цен. Пока предусмотрены только ориентировочные, твердые цены и цены с возмещением затрат.

В международной практике, например в Федеральной контрактной системе США, используются несколько десятков разных видов цен, что позволяет оптимизировать формулу цены государственного контракта в целях получения желаемой модели управления процессами ЖЦ и сделать государственный контракт одним из инструментов такого управления [8].

В связи с этим рассматриваемый круг задач не может быть решен только путем создания новых государственных военных и национальных стандартов. Необходимо одновременное развитие нормативной правовой базы (законодательства в сфере государственного оборонного заказа и др.). Кроме того, нужно адаптировать ведомственные нормативные документы, определяющие порядок взаимодействия заказчика и исполнителя на стадиях ЖЦ АТ.

Ряд этих вопросов сейчас регламентируется положениями о порядке создания и обеспечения эксплуатации АТ, которые в дальнейшем потребуют корректировки.

В заключение сделаем следующие выводы.

- Исторически сложившиеся системы общетехнических и военных стандартов существенно отстали от развития технологий и не могут быть эффективно использованы при решении новых задач управления процессами ЖЦ АТ.
- Предложена модель для пересмотра ряда систем стандартов, отражающая актуальные объекты и аспекты стандартизации, современные тенденции развития технологий управления процессами ЖЦ АТ и результаты анализа состояния стандартизации в смежных областях (перекрестные связи, соподчиненность, последовательность разработки и пересмотра стандартов с учетом процедур и организации разработки ГОСТ РВ и ГОСТ Р).
- Сформированы предложения по направлениям первоочередных работ и способам их практической реализации.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 56136—2014. Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. 14 с.
2. Product support Manager Guidebook. USA: Department of Defense, 2011. 143 p.
3. Berkowitz D., Gupta J., Simpson J., McWilliams J. Defining and Implementing Performance-Based Logistics in Government // USA: Defense Acquisition Review Journal. 2005. Vol. 11. No. 3. P. 255—268.
4. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.Н., Петров А.В., Бороздин Д.Н. Анализ логистической поддержки: теория и практика. М.: Информ-Бюро, 2014. 260 с.
5. Елизаров П.М., Судов Е.В., Карташев А.В. Управление жизненным циклом наукоемкой продукции // Качество и жизнь. 2015. № 1 (5). С. 40—43.
6. Пичев С.В., Судов Е.В. От бумажных конструкторских документов — к электронным. А дальше? // CAD/CAM/CAE Observer, 2013. № 2. С. 1.
7. Петров А.Н. Совершенствование порядка и процедур оформления документации, удостоверяющей летную годность авиационной техники, с учетом международных стандартов // Вопросы авиац. науки и техники. Сер.: Стандартизация и унификация авиационной науки и техники. 2006. № 2. С. 40—75.
8. Федорович В.А., Муравник В.Б., Бочкарев О.И. США: военная экономика (организация и управление) / под общ. редакцией П.С. Золотарева и Е.А. Роговского. М.: Международные отношения, 2013. 616 с.



МЕРКУЛОВ
Владимир Иванович — заместитель генерального конструктора АО "Концерн "Вега", заслуженный деятель науки, профессор, доктор техн. наук



ПЛЯШЕЧНИК
Андрей Сергеевич — ведущий научный сотрудник АО "Концерн "Вега", кандидат физ.-мат. наук

Групповое целераспределение воздушных объектов с учетом их приоритета

В.И. Меркулов, А.С. Пляшечник

E-mail: a_plyashechnik@mail.ru

Предложен способ группового целераспределения воздушных объектов с учетом их приоритета, дающий возможность построить предполагаемые траектории полета с учетом реальных ограничений (на основе анализа иностранных источников).

Ключевые слова: целераспределение; приоритет целей; наведение; управление летательными аппаратами.

V.I. Merkulov, A.S. Plyashechnik. Target Assignment Problem for Aircrafts with Priority Targets

This paper presents a method for solving target assignment problem for aircrafts. This method provides assigned target to each interceptor taking into account priority of targets. It also gives estimated interception trajectory under realistic limitations on interceptor abilities.

Keywords: target assignment; target priority; guidance; aircraft control.

Специфической особенностью современного воздушно-космического противоборства [1] является групповое применение средств как нападения, так и защиты. В связи с этим актуальной является оптимизация распределения участников группы защиты, обеспечивающая успех в боестолкновениях. В общем случае решение этой задачи осуществляется в три этапа:

1) оценивается возможность всех участников группы осуществлять перехват исходя из запасов топлива, определяемая взаимными расстояниями друг от друга;

2) для всех участников при удовлетворении условий по топливу решается задача целераспределения, суть которой состоит в назначении для каждого перехватчика конкретной цели, наилучшей по тому или иному критерию;

3) оценивается возможность получения для каждой пары траектории перехвата, удовлетворяющей ограничениям по скоростям, перегрузкам, характеристикам средств поражения и т.д.

Необходимо отметить, что в отечественной литературе вопросам оптимизации этих задач уделяется недостаточное внимание. В зарубежной литературе в основном рассматривается выбор благоприятных целей в общей постановке, которая сводится к решению сложной задачи нелинейного целочисленного программирования [2, 3] на основе расчета вероятностей поражения отдельных целей отдельными объектами.

Целью данной статьи является рассмотрение более простого способа целераспределения в групповом противоборстве с учетом вероятности поражения приоритетных целей при ограничениях на возможности перехватчиков в процессе полета на выбранную для поражения цель.

с траекториями движения целей до предполагаемых точек перехвата.

Для проверки универсальности метода проводился расчет целераспределения 30 перехватчиков на 26 целей. Из них две цели были важными, и на каждую из них требовали по четыре перехватчика. Тем самым для перехвата всех целей не хватало двух перехватчиков. С такими данными решение задачи целераспределения заняло 5 с с помощью стандартной функции *Graph:minCost*, дающей решение задачи о потоке в графе, из системы вычислений *MatLab*.

Полученный алгоритм группового целераспределения подтвердил свою эффективность в широком поле условий применения. Его достоинство состоит в том, что он позволяет при целераспределении учесть важность целей, а также не только обеспечить назначение целей перехватчикам, но и построить предполагаемые траектории перехвата с учетом реальных ограничений.

Предложенный алгоритм можно использовать в комбинации с разными методами наведения. При этом по информационному обеспечению он не накладывает принципиальных ограничений на возможность его реализации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-08-00210-а.

Библиографический список

1. **Верба В.С.** Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Принципы построения, проблемы разработки и особенности функционирования. М.: Радиотехника, 2014.
2. **Ahuja R., Kumar A., Krishna J., Orlin J.** Exact and heuristic algorithms for the weapon — target assignment problem // *Operations research*. 2007. No. 6. P. 1136—1146.
3. **Zhang J., Hu C., Wang X., Yuan D.** ACGA algorithm of solving weapon — target assignment problem // *Open journal of applied sciences*, 2012.
4. **Jenkins M.A.** Algorithm 493: Zeros of a real polynomial // *ACM transactions on mathematical software*. 1975. No. 2. P. 178—189.
5. **Munkres J.** Algorithms for assignment and transportation problems // *Journal of the society for industrial and applied mathematics*. 2000. No. 1. P. 32—38.
6. **Канашенков А.И., Меркулов В.И., Самарин О.Ф.** Облик перспективных бортовых радиолокационных систем. Возможности и ограничения. М.: ИПРЖР, 2002.
7. **Зуенко Ю.А., Коростелев С.Е.** Боевые самолеты России. М.: Элакос, 1994.
8. **Williams M.** Superfighters: The Next Generation of Combat Aircraft. AIRTime Publishing, Incorporated, 2002.
9. **Меркулов В.И., Дрогалин В.В., Канашенков А.И.** и др. Авиационные системы радиоуправления. Т. 2. Радиоэлектронные системы самонаведения / под ред. А.И. Канашенкова и В.И. Меркулова. М.: Радиотехника, 2003.





БОМШТЕЙН
Калман Григорьевич — старший научный сотрудник Московского авиационного института (национального исследовательского университета), кандидат техн. наук

Морально-правовые проблемы применения боевых беспилотных летательных аппаратов и поиск путей их решения

К.Г. Бомштейн

E-mail: grimarus@rambler.ru

Проведен системный анализ "интеллектуальной развитости" боевых БЛА, технических и технологических ограничений их функциональных возможностей с учетом характера боевых действий современных войн. Сделана попытка оценки морально-правовых проблем, возникающих при выборе уровня автоматизации ударных БЛА, применяемых в реальных условиях военных действий при гипотетическом соблюдении международных правил ведения войны, основанных на соблюдении Закона вооруженного конфликта и Правил боевого взаимодействия противоборствующих сторон. Обосновывается обязательное наличие оператора в контуре управления ударными БЛА в качестве главного звена в решении морально-правовых проблем их боевого применения.

Ключевые слова: автономные системы; автоматические системы; уровень "интеллектуальной развитости" системы; дуальная иерархия систем; соблюдение четырех принципов ведения войны; интеграция в бортовые системы боевых БЛА новых видов оружия.

K.G. Bomstein. The Moral And Legal Problems Of The Use Of Combat Drones And Finding Ways To Solve Them

A systematic analysis of "intellectual development" of combat UAVs, technical and technological limitations of their functionality was conducted, taking into account the nature of the fighting in modern wars. An attempt to assess the moral and legal issues was made that arise when choosing the level of automation for combat UAV used in actual warfare in the hypothetical compliance with international rules of war, based on the observance of the Law of Armed Conflict and Combat Interaction Rules of the Opposing Sides. Substantiates the obligatory presence of the operator in combat UAV control loop was justified, as a main focus in addressing the moral and legal problems of their operational use.

Keywords: autonomous systems; automation systems; the level of "intellectual development" system; a dual hierarchy of systems; compliance with the four principles of warfare; integration into the on-board systems of combat UAVs new weapons.

Растущее применение и динамичное развитие боевых беспилотных летательных аппаратов (БЛА) порождает ряд морально-правовых проблем, связанных с неизбежной тенденцией в области создания современных робототехнических систем вооружения [1]. Эта тенденция предполагает постепенное повышение автоматизации систем до такого уровня, когда их функционирование по своему характеру будет приближаться к автономному. Технологические успехи на этом пути должны позволить расширить возможности выбора между существенным потенциалом снижения разрушительности и бесчеловечности войн за счет, главным

этому единственным разумным выходом из такой ситуации было бы создание зоны, свободной от оружия массового уничтожения и средств его доставки (WMD/DVs Free Zone) [10].

5. Устранение риска потерь собственной живой силы и вероятная возможность уменьшения числа жертв мирного населения страны-противника за счет более высокой точности бортового оружия автономного ударного БЛА, по существу, создает у потенциального агрессора иллюзию победоносного исхода войны и развязывает ему руки.

Библиографический список

1. **Веремеенко К.К., Желтов С.Ю., Ким Н.В., Козорез Д.А., Красильщиков М.Н., Себряков Г.Г., Сыпало К.И., Черноморский А.И.** Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных и маневренных летательных аппаратов / под ред. М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 556 с.
2. **Anderson K. and Waxman M.** Law and Ethics for Autonomous Weapon Systems. URL: http://www.auvac.org/uploads/publication_pdf/Law-and-Ethics...
3. **Armstrong A.J.** Development of a Methodology for Deriving Safety Metrics for Uav Operational Safety Performance Measurement. URL: http://www.-users.cs.york.ac.uk/~mark/projects/aja506_... January 2010.
4. **The UK Approach to Unmanned Aircraft Systems.** URL: http://www.gov.uk>...system...33711/20110505...211_UAS... 30 March 2011.
5. **Mauro P.** Robots in warfare: why we need to start an ethical debate. URL: <http://www.folk.uio.no.>mauro/papers/robowars.pdf> June 2011.
6. **Quintana E.** The Ethics and Legal Implications of Military Unmanned Vehicles. URL: <http://www.rusi.ogr>downloads/assets...ethics>.
7. **Sharkey N.** Saying “No!” to Lethal Autonomous Targeting // Journal of Military Ethics. 2010. Vol. 8. No. 4. P. 369—383.
8. **Arkin R.C.** Governing Lethal Behavior: Embedding Ethics in a Hybrid Deliberative // Reactive Robot Architecture Technical Report GIT-GVU-07-11. URL: [http://www.cc.gatech.edu>ai/robot-lab/online-publications/...](http://www.cc.gatech.edu>ai/robot-lab/online-publications/)
9. **Lin P., Bekey G., and Abney K.** Autonomous Military Robotics: Risk, Ethics, and Design. URL: <http://www.unog.ch>...Autonomous Military Robotics...Ethics, and ...> 20 December, 2008.
10. **Weidlich C., Altmann J., Anastasakis I., Pedatzur R., Shulga O., Stroh P., and Wezeman P.** Unmanned Aerial Vehicles. A Challenge to a WMD/DVs Free Zone in the Middle East // ACADEMIC PEACE ORCHESTRA MIDDLE EAST — POLICY BRIEF. No. 8. August 2012. P. 1—8.





КУЧКИН
Владимир Николаевич —
первый заместитель
генерального директора
по испытаниям
ФКП "НИИ РКТ"
(г. Пересвет
Московской обл.),
кандидат техн. наук

Расчет частот кавитационных автоколебаний в насосных системах подачи

В.Н. Кучкин

E-mail: vkuchkin@mail.ru

Разработана аналитическая модель развития кавитационной каверны, с применением которой найдено решение уравнения для расчета частот кавитационных автоколебаний вблизи границ устойчивости насосных систем подачи. Представлено уравнение для расчета эффективной скорости звука, а также частот автоколебаний. Аналитическая модель кавитационной каверны основана на анализе термодинамического цикла в жидкости, описываемой уравнением состояния в вириальных коэффициентах.

Ключевые слова: кавитационные автоколебания; уравнение состояния в вириальных коэффициентах; термодинамический цикл; аналитическая модель развития кавитационной каверны; расчет; эффективная скорость звука; частота кавитационных колебаний.

V.N. Kuchkin. Calculation Of Cavitation-Induced Oscillation Frequencies In Pump Feed Systems

The derivation of a wave equation to calculate frequencies of cavitation-induced oscillations near the stability boundary of pump feed systems is presented. The formulation of an analytical model of cavitation bubble evolution based on analysis of the thermodynamic cycle for liquid with the virial equation of state; the derivation of an equation for calculating the effective sound velocity; and calculations of self-excited oscillation frequencies are presented.

Keywords: cavitation-induced oscillations; virial equation of state; thermodynamic cycle; analytical model of cavitation bubble evolution; calculation; effective sound velocity; frequency of cavitation-induced oscillations.

Кавитационные автоколебания расхода и давления жидкости в топливоподающем тракте при совпадении их частот с собственными частотами ракет приводят к потере продольной устойчивости ракет, поэтому расчет частот кавитационных колебаний и решение проблемы устойчивости к возбуждению автоколебаний имеют высокую практическую значимость.

Постановка задачи

Экспериментально установлено [1], что вблизи границ устойчивости к возбуждению автоколебаний частоты кавитационных автоколебаний и частоты затухающих колебаний близки или остаются практически неизменными. На этом основании будем считать, что частоты кавитационных автоколебаний в насосных системах подачи, состоящих из питающих и напорных трубопроводов и насоса, могут быть определены из решения уравнения для систем подачи в режиме динамически устойчивой работы с режимными параметрами, близкими к границе устойчивости, как это представлено в работе [2].

Таким образом, переходя к обозначению $p_1 = p_{\text{вх}}$, левую часть уравнения (26) можно записать в виде $p_2 - p_n = p_{\text{вх}} - p_{\text{вх.нач}}$, а само это уравнение в виде

$$\Delta p = p_{\text{вх}} - p_{\text{вх.нач}} = -\frac{1}{\Delta \tau} \ln \left[\frac{\tau_1}{\tau_1 + \Delta \tau} \right] + RT \sum_{i=1}^n \frac{T \left(\frac{\partial B_i}{\partial T} \right)_T - i B_i}{(i+1)} \left[\frac{1}{[\tau_1 + \sigma \Delta \tau]^{i+1}} - \frac{1}{\tau_1^{i+1}} \right]. \quad (28)$$

Вириальные коэффициенты в уравнении (28) могут быть определены с использованием методики, представленной в [10], а в случае, когда рабочим телом является вода, вириальные коэффициенты можно определить из [11]. В частности, для воды при температуре $t = 17^\circ\text{C}$ для зависимости изменения паросодержания от давления получим выражение

$$\Delta p = 4,75 \cdot 10^7 \sigma - 8,44 \cdot 10^{14} \sigma^2 + 2,69 \cdot 10^{21} \sigma^3. \quad (29)$$

Определив из формулы (29) обратную функцию, податливость кавитационной паровой камеры в шнекоцентробежном насосе, перекачивающем воду с температурой $t = 17^\circ\text{C}$, запишем в виде

$$-10^0 \frac{d\sigma}{dp} = 3,5 \Delta p + 1,475 \Delta p^2 - 0,0104 \Delta p^3. \quad (30)$$

В заключение отметим следующее. Формулы (25), (29), (30) позволяют по формуле (10) выполнять расчет собственных частот кавитационных автоколебаний в системе подачи, перекачивающей деаэрированную жидкость. Для систем подачи жидкостей с растворенным в них газом формулы (25), (29), (30) должны быть скорректированы в целях учета дегазации жидкости в зоне давлений ниже давлений насыщения и превращения паровой кавитации в парогазовую.

В случаях, когда жидкость предварительно была частично деаэрирована, экспериментально установлено [2], что для насосной системы подачи заданной конструкции расчетные и экспериментальные значения частот на режимах автоколебаний вблизи границ устойчивости совпадают с точностью $\pm 40\%$, и такие результаты могут быть признаны приемлемыми для решения ряда практически важных задач. В частности, предложенная аналитическая модель может быть положена в основу создания имитационных моделей систем подачи газонасыщенных жидкостей со шнекоцентробежными насосами в режиме кавитации.

Библиографический список

1. Овсянников Б.В., Кучкин В.Н. Фазовые условия волнового механизма обратной связи в насосных системах подачи / Кавитационные автоколебания и динамика гидравлических систем. Киев: Наук. думка, 1977. С. 25–28.
2. Кучкин В.Н., Овсянников Б.В. Определение собственных частот колебаний режимных параметров в насосной системе подачи // Тр. МАИ. 1980. № 389. С. 42.
3. Кучкин В.Н. Аналитическая модель автоколебаний режимных параметров потока в насосной системе подачи с кавитирующим насосом // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2016. № 11–12. С. 42–51.
4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977.
5. Шальнев К.К. Структура и области кавитации // Изв. АН СССР. ОТИ. 1954. № 5.
6. Скрипов В.П. Метастабильная жидкость. М.: Наука, 1972.
7. Пузырьковые камеры / под ред. Н.Б. Делоне. М.: Госатомиздат, 1963.
8. Мейсон Э., Сперлинг Е. Вириальное уравнение состояния. М.: Мир, 1972.
9. Корнфельд М. Упругость и прочность жидкостей. М.—Л.: ГИТТЛ, 1951.
10. Лагуткин О.Д., Куропаткин Е.И. О соотношении термических величин веществ в состоянии насыщения // Изв. вузов. Энергетика. 1973. № 3. С. 90–96.
11. Вукалович М.П. Термодинамические свойства воды и водяного пара. М.—Л.: Энергия, 1965.



БЕЗУГЛОВ
Александр Анатольевич — старший инженер-испытатель Государственного летно-испытательного центра имени В.П. Чкалова



ГАЛАЕВА
Ксения Игоревна — начальник отдела ОАО "Бортовые аэронавигационные системы"



ДЕТКОВ
Александр Николаевич — начальник отдела ОАО "Бортовые аэронавигационные системы", профессор, доктор техн. наук

Метеорологический радиолокационный комплекс обеспечения безопасности полетов авиации в различных климатических зонах

А.А. Безуглов, К.И. Галаева, А.Н. Детков

E-mail: info@ians.aer; detkov_an@mail.ru; ks.galaeva@mail.ru; bezuglov_70@mail.ru

Рассмотрены возможности мобильного метеорологического радиолокационного комплекса ближней зоны "Монокль-БЗ" по автоматизированному обнаружению опасных метеорологических явлений, благодаря которому может быть повышена безопасность полетов авиации при взлетах и посадках прежде всего в Арктическом регионе, а также на аэродромах различной дислокации в разных климатических зонах Российской Федерации.

Ключевые слова: неблагоприятные метеорологические условия; ближняя аэродромная зона; мобильный метеорологический радиолокационный комплекс; импульсно-доплеровские РЛС; секторный обзор; трехмерная индикация.

A.A. Bezuglov, K.I. Galaeva, A.N. Detkov. Weather Flights Safety Radar For Different Climatic Areas

The possibilities of the mobile meteorological radar complex of the near-by zone "Monocle-BZ" for the automated detection of dangerous meteorological phenomena are considered, which will improve the safety of aviation flights during take-offs and landings, primarily in the Arctic region, as well as at remote aerodromes of the Russian Federation in various climatic zones.

Keywords: unfavorable meteorological conditions; near airdrome zone; mobile meteorological radar complex; pulse-Doppler radar; sector review; 3D-indication.

Статистические данные ИКАО свидетельствуют о том, что за последние 25 лет около 20 % авиационных происшествий были связаны с неблагоприятными метеоусловиями. В 30 % случаев они явились косвенными или сопутствующими причинами таких происшествий. При этом количество авиационных происшествий при посадке в 2—3 раза больше по сравнению с их количеством на других этапах полета [1].

Наиболее опасными из неблагоприятных метеоусловий являются [2]: сдвиг ветра в приземном слое (как вертикальный, так и горизонтальный); зоны вихревой турбулентности; зоны обледенения.

Аварийные ситуации могут возникнуть из-за низких информационных возможностей отечественных аэродромных систем анализа метеорологической обстановки. Особенно это касается обнаружения и классификации вихревой турбулентности, опасных сдвигов ветра, зон возможного обледенения.

Кроме того, неблагоприятными факторами, влияющими на безопасность полетов в Арктическом регионе, а также в зонах Сибири и Дальнего Востока РФ, остаются:

разреженная сеть наземных метеорологических РЛС;

При достаточно высокой точности измерений радиальной скорости со среднеквадратической ошибкой примерно 0,2 м/с используемый метод оценки характеристик поля скорости ветра позволяет для области размером более 2 км измерять скорость ветра с СКО погрешности ~1 м/с и мезомасштабную дивергенцию с СКО погрешности порядка 10^{-4} 1/с.

Примеры отдельных результатов испытаний МРЛК БЗ представлены на рис. 3—5, расположенных на стр. 3 обложки журнала.

При исследовании отраженного сигнала от метеорологических образований в условиях интенсивных осадков в виде снега с помощью МРЛК БЗ регистрировались следующие характеристики: отражаемость, радиальная скорость и ширина спектра скоростей. Результаты обнаружения метеорологических образований по их отражаемости представлены на рис. 3 (см. стр. 3 обложки).

На рис. 4 (см. стр. 3 обложки) представлено пространственное распределение интенсивных осадков до и после перемещения направления визирования.

В областях соприкосновения слоев, имеющих разную скорость, формируются зоны повышенной турбулентности. Отраженный радиосигнал от таких зон имеет увеличенную ширину спектра доплеровских частот.

На рис. 5 (см. стр. 3 обложки) представлены возможности МРЛК БЗ в исследовании метеорологических явлений, параметров и характеристик в 2D- и 3D-индикации в многооконном режиме.

В настоящее время степень детализации алгоритмов первичной и вторичной обработки информации, указанных в таблице, соответствует элементарным операторам, что позволяет напрямую использовать полученные результаты при разработке функционального программного обеспечения МРЛК БЗ. Выходные данные алгоритмов обработки информации могут быть использованы для поддержки принятия решения об обнаружении метеорологических явлений, опасных для полетов воздушных судов.

Применение в функционально-программном обеспечении инновационных методов и алгоритмов комплексной обработки сигнальных полей позволит полностью реализовать возможности такой системы по предназначению. На-

более подробное представление о пространственной структуре метеорологических объектов в МРЛК БЗ обеспечивает трехмерное отображение оцененных параметров.

Сочетание двумерного и трехмерного представлений радиолокационной метеорологической информации, инструментария сечений и профилей, а также наложение карт и координатной сетки позволяют наглядно и удобно анализировать процессы в метеорологических объектах с помощью методов радиолокации.

Таким образом, МРЛК БЗ "Монокль-БЗ" позволит:

получить и обобщить опыт эксплуатации таких систем для метеонавигационного обеспечения в Арктическом регионе и на удаленных аэродромах Российской Федерации в различных климатических зонах;

практически отработать инновационные эффективные методы, алгоритмы и методики комплексной обработки информации для оценки метеорологической обстановки в ближней аэродромной зоне;

существенно повысить безопасность взлета и посадки воздушных судов, особенно на удаленных аэродромах РФ (за счет использования мобильного варианта МРЛК БЗ).

Библиографический список

1. **Расследование** авиационных происшествий и инцидентов, связанных с метеорологическими факторами. М.: Росгидромет, 2009. 110 с.
2. **Майоров А.В., Москатов Г.Н., Шибанов Г.П.** Безопасность функционирования автоматизированных объектов. М.: Машиностроение, 1988. 264 с.
3. **Васильев О.В., Гевак Н.В., Колесников Е.С., Пешко А.С., Сеницын И.А.** Разработка метеорологического радиолокационного комплекса ближней аэродромной зоны // Матер. Всероссийской науч.-техн. конференции "XI Научные чтения, посвященные памяти Н.Е. Жуковского" / Сб. докл. М.: Изд. Академии имени Н.Е. Жуковского, 2014. С. 455—459.
4. **Warde D.A., Torres S.M.** The Autocorrelation Spectral Density for Doppler-Weather-Radar Signal Analysis // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2014. V. 52. No 1. P. 508—518.
5. **Williams C.R., Beauchamp R.M., Chandrasekar V.** Vertical Air Motions and Raindrop Size Distributions Estimated Using Mean Doppler Velocity Difference From 3- and 35-GHz Vertically Pointing Radars // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2016. V. 54. No 10. P. 6048—6060.
6. **Doviak R.J., Zrnić D.S.** Doppler Radar and Weather Observations. San Diego: Academic Press, 1993. 562 p.

Корреляционно-экстремальный алгоритм обработки последовательности изображений при наклонной съемке с низколетящего беспилотного летательного аппарата

С.В. Петухов, Ю.В. Швед, В.М. Иванюгин

E-mail: svptu@mail.ru; yuriy_shved@mail.ru; ivansouth@rumler.ru

Представлен поисковый корреляционно-экстремальный эвристический алгоритм согласования стереопары перекрывающихся изображений, полученных при наклонной съемке с низколетящего беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Алгоритм отличается простотой программной реализации в режиме реального времени, опробован на изображениях, полученных с борта БПЛА-парaplана в горизонтальном полете и при снижении для совершения посадки. Алгоритм предназначен для использования в навигационной системе БПЛА для отслеживания высоты полета над рельефом.

Является продолжением статей [1, 2].

Ключевые слова: компьютерное зрение; обработка изображений; проблема согласования; корреляционно-экстремальный алгоритм; зрение роботов; автономная навигация; беспилотный летательный аппарат.

S.V. Petukhov, Yu.V. Shved, V.M. Ivanyugin. Correlation-Extreme Algorithm Image Processing Sequence With Tilted Shooting With Low-Flying Unmanned Aerial Vehicle

The article presents an exploratory correlation-extreme heuristic matching stereo pairs of overlapping images obtained by shooting with sloping low-flying UAV. Characterized by great simplicity algorithm software implementation and may be implemented in real time. Image analysis algorithm was tested on images obtained from the board of the UAV-glider in horizontal flight and with a decrease in commission for landing. The algorithm is designed for use in the navigation system when the UAV tracking altitude.

Keywords: computer vision; image processing; matching problem; correlation-extreme algorithm; robots vision; autonomous navigation; unmanned aerial vehicle.

Измерение высоты путем обработки стереопары изображений, полученных в горизонтальном полете при наклонной съемке

Формулы для вычисления высоты полета БЛА по последовательности изображений при наклонной съемке были получены в [1]:

$$H = [Sf_p/d][\sin^2\gamma/\cos^2(A - \gamma)] - S\sin(\gamma)\cos(A)/\cos(A - \gamma),$$

или

$$H = [Sf_p/d]*[\sin(\gamma')/\cos(A - \gamma')][\sin(\gamma)/\cos(A - \gamma)].$$



ПЕТУХОВ
Сергей Васильевич — старший научный сотрудник Московского авиационного института (национального исследовательского университета), кандидат техн. наук



ШВЕД
Юрий Витальевич — старший преподаватель Московского авиационного института (национального исследовательского университета)



ИВАНЮГИН
Виктор Михайлович — доцент МИРЭА, кандидат техн. наук

зывают, что числовые характеристики — математическое ожидание и дисперсия — быстро стабилизируются по мере увеличения количества обрабатываемых строк на изображениях.

Алгоритм обладает высокой производительностью благодаря использованию процедуры динамического программирования: достаточно проанализировать (обработать) только часть изображения, не более 30...40 растровых строк. Далее обработку продолжать нецелесообразно, так как согласно закону больших чисел оценка смещения практически не улучшится. Это обусловлено замечательным свойством стереопары изображений, полученных при вертикальной съемке, для которой одноименные элементы изображений имеют одинаковые смещения. В этом состоит новизна и еще одно достоинство предлагаемого решения.

Закон распределения измеренных смещений близок к нормальному закону, с предельно малым стандартным отклонением, что позволяет измерить высоту полета с ошибкой не более 5%. Проведенный статистический анализ показал, что погрешность измерения относительного смещения, равная 3...4%, обусловлена низким (512 элементов на строке) разрешением используемой телекамеры.

Геометрия съемки наклонной камерой намного сложнее. В статье представлен поисковый корреляционно-экстремальный эвристический алгоритм согласования стереопары перекрывающихся изображений, полученных при наклонной съемке с низколетящего БПЛА. Алгоритм отличается простотой программной реализации и может быть осуществлен в режиме реального времени.

Алгоритм анализа изображений опробован на изображениях, полученных с борта БПЛА-парашюта при горизонтальном полете и при снижении для совершения посадки, и предназначен

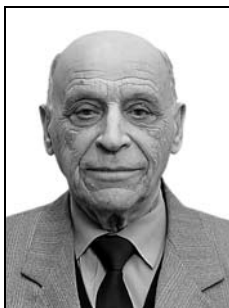
для использования в навигационной системе БПЛА для отслеживания высоты полета над рельефом.

Полученные простые формулы для вычисления высоты полета при вертикальной и наклонной съемках позволяют повысить производительность бортового компьютера благодаря увеличению скорости вычислений.

Навигация с использованием датчиков в оптическом диапазоне (телекамер) представляет интерес для обработки заданного маршрута БЛА с контролируемой высотой при условии гарантированного выполнения полетного задания.

Библиографический список

1. Петухов С.В., Швед Ю.В., Иванюгин В.М., Латышов Р.А. Высокопроизводительная адаптивная система технического зрения беспилотного летательного аппарата // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2016. № 11–12. С. 52–58.
2. Петухов С.В., Швед Ю.В., Иванюгин В.М. Алгоритм динамического программирования для обработки последовательности изображений при ортогональной съемке с низколетящего беспилотного летательного аппарата // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2017. № 1. С. 55–59.
3. Белоглазов И.П., Джанджгава Г.И., Чигин Г.П. Основы навигации по геодезическим полям. М.: Наука, 1985. 328 с.
4. Петухов С.В., Иванюгин В.М. Навигация мобильных роботов с применением компьютерного зрения. LAP DALAMBERT Academic Publishing, 2014. 220 с.
5. Петухов С.В., Иванюгин В.М. Метод измерения угла поворота с использованием статистик обработки видеоданных // Сб. науч. тр. "Искусственный интеллект в технических системах". Вып. 20. М.: ГосИФТП, 1999. С. 37–59.
6. Ohta Y., Kanade T. Stereo by intra- and inter-scanline search using dynamic programming // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 1985. No. 7. P. 139–154.
7. Петухов С.В. Исследование поискового корреляционно-экстремального эвристического алгоритма согласования стереопарных изображений. М.: Изд. ГосИФТП, 2011. 22 с.



ГАЛЬПЕРИН
 Давид Мордухович — профессор Казанского научно-исследовательского технического университета имени А.Н. Туполева, почетный член Российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского, кандидат техн. наук

Современные направления мониторинга технического состояния самолетов

Д.М. Гальперин

E-mail: david.galperin@mail.ru

В авиации исходя из особенностей эксплуатации гражданских и военных самолетов целесообразно рассматривать три формы мониторинга: поставка жизненного цикла самолета; непрерывный мониторинг технического состояния самолетов, базирующийся на традиционных отношениях поставщиков, субподрядчиков и эксплуатирующих самолеты специалистов ведомственных организаций и воинских частей; послепродажный сервис силами поставщиков или специализированных организаций.

Ключевые слова: воздушное судно; мониторинг технического состояния; гражданские и военные самолеты; безопасность эксплуатации; поставка жизненного цикла; программное обеспечение; послепродажный сервис; техническое обслуживание; самодиагностика.

D.M. Galperin. Modern Trends Of Aircraft Technical Condition Monitoring

In the aviation, on basis of possibilities domestic and foreign aircraft industry and features of operating civil and military planes, it seems appropriate to considered three forms of monitoring: delivery lifecycle; unstopable technical condition monitoring, based on traditional relationships of providers, subcontractors and airlines, operating the plants, departments and military units; after-sales service by provider or special organizations.

Keywords: aircraft; technical condition monitoring; civil and military planes; operational safety; delivery lifecycle; software; after-sales service; maintenance; self-test.

Мониторинг — это комплексная система непрерывного наблюдения за состоянием технических устройств в целях контроля, прогнозирования отказов и выполнения требований промышленной безопасности по техническому состоянию. В то же время мониторинг — это технические, экономические, психологические аспекты в свете формулы "легче предупредить, чем лечить" (<http://studopedia.ru/4-121186-monitoring-tehnicheskogo-sostoyaniya.html> (дата обращения 23.07.2016)).

В настоящее время целесообразно рассмотрение трех форм мониторинга технического состояния самолетов:

поставка жизненного цикла самолета;

непрерывный мониторинг технического состояния самолетов, опирающийся на традиционные отношения поставщиков, субподрядчиков и эксплуатирующих самолеты специалистов авиалиний, ведомственных организаций и воинских частей;

послепродажный сервис силами поставщиков или специализированных организаций.

Кроме того, в связи с проводимыми исследованиями и прогнозируемой мировыми лидерами авиастроения и авиационного транспорта целе-

том эксплуатации ВС. Внедрение новых технологий приведет к качественным изменениям в работе инженерно-авиационной службы, сокращению ее численного состава и повышению требований к квалификации. Основу летной годности ВС составляют квалификация и опыт инженеров по ТОиР. В этой работе есть место и для профессиональной интуиции. Компьютеризованные системы, даже самообучающиеся нейронные сети, лишены этой интуиции, так как их разрабатывают люди, не полностью гарантированные от ошибок.

Таким образом, важнейшим средством обеспечения безопасности эксплуатации самолетов является мониторинг технического состояния. Реализуемые формы мониторинга технического состояния самолетов:

поставка жизненного цикла самолета;

непрерывный мониторинг технического состояния в целях обеспечения боеготовности серийных самолетов пятого поколения;

послепродажное техническое обслуживание силами поставщиков или специализированных компаний;

самодиагностика самолета бортовыми средствами, ориентированная на сокращение времени и затрат на техническое обслуживание.

На практике в процессе продолжительной эксплуатации самолета возможно совмещение форм мониторинга его технического состояния.

Библиографический список

1. **Гальперин Д.М.** Поставка жизненного цикла изделий наукоемкого машиностроения // XI Академ. чтения по космонавтике, посвященные памяти С.П. Королева и других отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: Сб. тезисов. М.: Изд-во "Манускрипт", 2015. С. 329—330.

2. **Гальперин Д.М.** Корпоративная система информационных технологий предприятий наукоемкого машиностроения. Казань: Изд-во Казанского государственного технического ун-та, 2015. 176 с.

3. **Гальперин Д.М.** Программное обеспечение корпоративной системы информационных технологий на основе CAD/CAM/CAE/PDM и ERP-систем для предприятий наукоемкого машиностроения: Учеб. пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. 196 с.

4. **Чепкин М.** Внедрение PLM на производственных предприятиях — модная тенденция или необходимость? URL: <http://www.up-pro.ru/library/information-systems/project/plm-koncepciya.html> (дата обращения 22.01.2016).

5. **Чужие мозги** // Хронограф. 2015. № 29/57.

6. **SSA ERP** — система BAAN в новом обличье // Bytemag. 2006. № 2 (90). URL: <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=8218> (дата обращения 23.07.2016).

7. **Крутилин А., Коковин В., Герман Г., Ловчиков С.** Эксплуатация самолета будущего должна начинаться сегодня // Авиапанорама (электрон. журнал). 2008/09. № 5. С. 30—32.

8. **Синицкий А.** Самодиагностика самолетов // Деловой авиационный портал АТО.RU/АТО № 103 (октябрь 2009 г.).

УДК 629.7

От катера "Волга-2" до авиационно-космических систем. Проблемы экранопланостроения в Российской Федерации

А.В. Иванов

E-mail: epl450@rambler.ru

Рассказано о том, почему знаменитый судостроитель Р.Е. Алексеев начал создавать летательные аппараты и что пришлось ему преодолеть на пути от первоначального замысла необычного аппарата до последнего дня своей жизни. Показано, как нелегко давалось энергичному и целеустремленному ученому и организатору создание летательных аппаратов на судостроительном предприятии. Автор критикует бывших соратников Р.Е. Алексеева, сумевших официально перевести экранопланы в категорию "судов, которые способны летать".

Ключевые слова: суда на подводных крыльях; экранопланы; Временное руководство по безопасности полетов; Российский морской регистр судоходства; Российский речной регистр.

A.V. Ivanov. From The Boat "Volga-2" To Aerospace Systems. Problems Ekranoplane In The Russian Federation

Learn about why the famous shipbuilder R.E. Alekseev began to create Le proposed apparatus and that he had to overcome on the way from the initial idea unusual camera until the last day of his life. Shows how struggled energetic and motivated scientist and organizer of the creation of aircraft in the shipyard. The author criticizes former associates R.E. Alekseev, managed to officially move the airfoil in the category of "ships that can fly".

Keywords: hydrofoils; airfoil; Interim guidance for safety; Russian maritime register of shipping; Russian river register.

В июле 2016 г. группа видных деятелей авиационно-космической отрасли обратилась к Президенту Российской Федерации В.В. Путину с предложением о создании Министерства авиации РФ.

По их мнению, необходимость этого связана с существующим положением дел в отрасли, когда "...утрачиваются целые технические и технологические направления авиации, находящиеся на стыках с другими видами деятельности, такие как авиационно-космические системы ("Буран", Многоцелевая авиационно-космическая система) и экранопланы (URL: <http://argumenti.ru/society/n547/456244> (дата обращения 14.07.2016 г.)).

Полностью разделяя тревогу признанных авторитетов авиации, я должен констатировать: даже возрождение Министерства авиации не изменит статуса экранопланов и они не войдут в число летательных аппаратов по причинам, указанным ниже. Как это ни странно, но и сейчас, более чем через полвека после взлета первой самоходной модели экраноплана, вопрос



ИВАНОВ
Аркадий Васильевич —
подполковник ВВС
в отставке, бывший
заместитель начальника
ЦКБ по СПК
по летным испытаниям
экранопланов

"Как ни странно, но главная сложность в создании данного вида транспорта заключается в ведомственной разделенности, в попадании его "в стык" между, прежде всего, такими солидными ведомствами, как МСП и МАП. Сложность создания таких аппаратов очевидна: культура — авиационная, размеры — корабельные, способ движения — смешанный: плавание, ползание, полет. Кто должен заказывать и обслуживать данный вид транспорта — сложившихся служб нет" [2].

Библиографический список

1. **История ЦКБ по судам на подводных крыльях имени Р.Е. Алексеева.** Т. 1. Ростислав Евгеньевич Алексеев в истории создания ЦКБ по судам на подводных крыльях / В.Н. Кирилловых, Т.Р. Алексеева, Ю.П. Чернигин; под общ. редакцией С.В. Платонова, Г.В. Анцева. Н. Новгород: Кварц, 2015. 336 с.
2. **Алексеев Р.Е.** Основные направления развития транспортного скоростного судостроения // Докл. на IV Науч.-техн. конференции по проектированию скоростных судов. 16—17 декабря, Нижний Новгород, 1976 г.
3. **Алексеева Т.Р., Наумова О.И.** От замысла к воплощению. Эскизы, рисунки, чертежи Ростислава Алексеева. Н. Новгород: Кварц, 2015. 144 с.
4. **Иванов А.В.** Он опередил время. Деяния корабелов глазам авиационного инженера / Корабелы в пятом океане. Н. Новгород: Кварц, 2011. 356 с.
5. **Качур П.И.** Ростислав Алексеев. Конструктор крылатых кораблей. СПб.: Политехника, 2006. 296 с.
6. **Богданов А.И.** Разработка первых международных требований к безопасности экранопланов // Морской вестник. 2005. № 1 (13).
7. **Логоинов В.Ф.** Ноль первому — взлет. Записки летчика-испытателя экранопланов / Корабелы в пятом океане. Н. Новгород: Кварц, 2011. 356 с.
8. **Маскалик А.И., Нагапетян Р.А.** и др. Экранопланы — транспортные суда XXI века. СПб.: Судостроение, 2005. 552 с.
9. **В Нижнем Новгороде** запустят производство экранопланов. Опытно-конструкторское бюро по экранопланам. Н. Новгород. URL: <http://rueconomics.ru/29601-v-nizhnem-novgorode-zapustyat-proizvodstvo-ekranoplanov>.
10. **На заводе "Море"** хотят производить экранопланы // Новости Крыма. Орган Крымской службы новостей. Феодосия. 23 января 2015 г.
11. **Иванов А.В.** Р.Е. Алексеев — выдающийся авиационный конструктор, ученый и основатель российской школы экранопланостроения // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2016. № 11—12. С. 64—75.

Журнал зарегистрирован в Государственном комитете Российской Федерации по печати. Свидетельство о регистрации № 017751 от 23.06.98. Учредитель: ООО "Машиностроение—Полет"

Перепечатка материалов Общероссийского научно-технического журнала "Полет" возможна при письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на Общероссийский научно-технический журнал "Полет" обязательна

ООО "Машиностроение—Полет", 107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Редактор номера *О.Г. Красильникова*

Технический редактор *Е.В. Конова*. Корректоры *З.В. Наумова, Е.В. Комиссарова*

Сдано в набор 12.04.17. Подписано в печать 23.05.17. Формат 60 × 88/8. Усл. печ. л. 9,8.

Бумага офсетная. Свободная цена.

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ООО "Авансед солюшнз".

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

Отпечатано в ООО "Авансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1.