



**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,  
чл.-кор. 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,  
чл.-кор. РАН, проф.

Редактор-организатор  
О.С. РОДЗЕВИЧ  
Ответственный секретарь  
В.П. ЛОСИЦКИЙ

**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,  
чл.-кор. РАН  
Л.М. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ,  
академик РАН, проф.  
А.Н. КИРИЛИН, д.т.н.  
А.А. КОРОТЕЕВ,  
академик РАН  
С.Б. ЛЕВОЧКИН, д.т.н.  
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

Учредитель и издатель ООО  
"Машиностроение – Полет", 2016

© ООО "Машиностроение – Полет", 2016

**СОДЕРЖАНИЕ**

**К 80-летию** главного редактора по ракетной технике и  
космонавтике Общероссийского научно-технического жур-  
нала "Полет" Анатолия Сазоновича Коротеева . . . . . 3

**Соловьев В.А., Любинский В.Е., Марков А.В., Соро-  
кин И.В.** Обеспечение эффективности выполнения про-  
граммы научно-прикладных исследований на российском  
сегменте МКС . . . . . 6

**Вайнпрес А.Л., Филенков Е.В., Ильин И.Р.** Сравнитель-  
ный анализ электродистанционной и гидромеханиче-  
ской систем управления вертолета . . . . . 20

**Бомштейн К.Г.** Эффективность применения интегриро-  
ванной информационной системы при моделировании  
бортового авиационного ракетного оружия "воздух—  
воздух" . . . . . 38

**Кузнецов В.И., Макаров В.В.** Оптимизация параметров  
агрегата системы термостатирования ракетного комп-  
лекса . . . . . 48

**Барсук В.Е., Анохин Г.Г., Степанова Л.Н., Чернова В.В.**  
Прочностные испытания элементов авиационных конст-  
рукций из углепластика с использованием метода акустиче-  
ской эмиссии и тензометрии . . . . . 53

*Мнение редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов статей.  
За содержание рекламных материалов ответственность несет рекла-  
модатель. Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается.  
Аннотации статей журнала и требования к оформлению предоставляе-  
мых авторами рукописей приведены на сайте  
<http://fondserbrova.ru/index.php/zhurnal-polet/o-zhurnale/>*

Адрес редакции: 107076, РФ, г. Москва, Стромынский пер., 4

Телефон: 8 (499) 269-54-97 + 7 926 916-03-58

Адрес электронной почты: [rosपोлет@mail.ru](mailto:rosपोлет@mail.ru)

Адрес в интернете: <http://fondserbrova.ru/index.php/zhurnal-polet/>



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, Corresp. Member, 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, Corresp. Member, 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. BEZYZYCHNYI, Dr. Sci. (Eng.), Prof.  
O.F. DEMCHENKO, Cand. Sci. (Econ.)  
N.N. DOLZHENKOV, Dr. Sci. (Eng.)  
S.Yu. ZHELTOV, Corresp. Member, RAS  
L.M. ZELENY, Acad., RAS, Prof.  
A.N. KIRILIN, Dr. Sci. (Eng.)  
A.A. KOROTEYEV, Acad., RAS  
S.B. LYOVOCHKIN, Dr. Sci. (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  
V.P. LOSITSKY

The Fonder and publisher of a magazine:  
© Ltd Co "Mashinostroenie – Polyot", 2016

CONTENTS

**On The 80th Anniversary Of Editor-In-Chief Of Rocketry And Cosmonautics Of All Russian Scientific and Technical "Polyot" ("Flight") Journal Anatoly Sazonovich Koroteev . . . 3**

**Soloviev V.A., Lyubinsky V.E., Markov A.V., Sorokin I.V.**  
Ensuring Of Effectiveness Of The Research Program Implementation Aboard The ISS Russian Segment . . . . . 6

**Vainpres A.L., Filenkov E.V., Ilyin I.R.** Helicopter Fly-By-Wire Versus Hydromechanical Flight Control System Trade-off Analysis. . . . . 20

**Bomstein K.G.** The Efficacy Of Integrated Information System In The Simulation Of Aircraft On-Board Air-To-Air Missile Weapons . . . . . 38

**Kuznetsov V.I., Makarov V.V.** Optimization Of Parameters Of The Unit Temperature Control Systems Of Missile Complex . . . . . 48

**Barsuk V.E., Anokhin G.G., Stepanova L.N., Chernova V.V.**  
Strength Tests Of The Carbon Fiber Reinforced Plastic Aerostructures With Acoustic Emission Technique And Strain Gauging . . . . . 53

*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://fondserebrova.ru/index.php/zhurnal-polet/o-zhurnale/>*

**Address of the editorial office:** 107076, Moscow, Stromynsky per., 4  
**Phone:** 8 (499) 269-54-97 + 7 926 916-03-58  
**E-mail address:** [rosपोлет@mail.ru](mailto:rosपोлет@mail.ru)  
**Internet address:** <http://fondserebrova.ru/index.php/zhurnal-polet/>

## К 80-летию главного редактора по ракетной технике и космонавтике Общероссийского научно-технического журнала "Полет" Анатолия Сазоновича Коротеева

*On The 80th Anniversary Of Editor-In-Chief Of Rocketry And Cosmonautics Of All Russian Scientific and Technical "Polyot" ("Flight") Journal Anatoly Sazonovich Koroteev*

22 июля 2016 г. исполнилось 80 лет генеральному директору ГНЦ ФГУП "Исследовательский центр имен М.В. Келдыша" академику РАН Анатолию Сазоновичу Коротееву, видному ученому в области двигательных и энергетических установок ракетно-космических комплексов, генерации и применения низкотемпературной плазмы, получения мощных направленных потоков энергии.

А.С. Коротеев родился в селе Бараново Московской области. Свой путь в ракетно-космической технике он начал в 1959 г. после окончания Московского авиационного института имени Серго Орджоникидзе. Вся его трудовая деятельность связана с Центром Келдыша, где он прошел путь от инженера до генерального директора.

Молодой выпускник МАИ активно включился в начатые на предприятии по

инициативе его научного руководителя академика М.В. Келдыша работы по созданию ядерного ракетного двигателя (ЯРД).

Для реализации выдвинутой руководителем работ по ЯРД В.М. Иевлевым новаторской концепции поэлементной отработки ЯРД А.С. Коротеев начал разработку испытательных установок нового типа — электродуговых плазмотронов. Под его руководством были созданы рекордные по мощности плазмотроны, которые обеспечили успешную отработку не только элементов ЯРД, но и систем аэродинамического диспергирования ядерных энергетических уста-



Анатолий Сазонович Коротеев

новок космических аппаратов при их аварийном возвращении на Землю. За разработку мощных электродуговых генераторов плазмы А.С. Коротееву присуждена Государственная премия СССР, а за



**СОЛОВЬЕВ**

Владимир Алексеевич — первый заместитель генерального конструктора РКК "Энергия" имени С.П. Королева, летчик-космонавт СССР, член-корреспондент РАН



**ЛЮБИНСКИЙ**

Валерий Евгеньевич — главный научный сотрудник РКК "Энергия" имени С.П. Королева, доктор техн. наук



**МАРКОВ**

Александр Викторович — руководитель Научно-технического центра РКК "Энергия" имени С.П. Королева



**СОРОКИН**

Игорь Викторович — заместитель руководителя Научно-технического центра РКК "Энергия" имени С.П. Королева, доктор техн. наук

## Обеспечение эффективности выполнения программы научно-прикладных исследований на российском сегменте МКС

**В.А. Соловьев, В.Е. Любинский, А.В. Марков, И.В. Сорокин**

E-mail: Igor.V.Sorokin@rsce.ru

*Принципиальной особенностью современного этапа развития ракетно-космической техники является формирование качественно новой методологии управления процессом целевого использования космических комплексов, соответствующей возможностям вычислительной техники и применяемых математических методов. Важным шагом на пути повышения эффективности планирования научно-прикладных исследований на пилотируемых космических комплексах должен стать переход к разработке программ их целевого использования в полнофункциональной информационной среде с интегрированной системой поддержки принятия решений (СППР). В статье показано, что создание информационной среды с интегрированной СППР приведет к реальному повышению эффективности целевого использования российского сегмента Международной космической станции.*

**Ключевые слова:** Международная космическая станция; целевое использование; программы научно-прикладных исследований; управление полетом; методы повышения эффективности; интегрированная информационная среда; системы поддержки принятия решений.

**V.A. Soloviev, V.E. Lyubinsky, A.V. Markov, I.V. Sorokin.** Ensuring Of Effectiveness Of The Research Program Implementation Aboard The ISS Russian Segment.

*The essential feature of the current stage of the rocket and space technology development is forming of a qualitatively new methodology for the process of human space complexes utilization, which should be in correspondence with the up-to-date computer technology potential and applied mathematical methods. Transition to development of utilization programs for the human space complexes in full-blown infomedia with the integrated expert support system (ESS) is an important milestone on the way to increase planning effectiveness on them. The paper shows that development of the infomedia with the integrated ESS will lead to real increase of effectiveness of the ISS Russian Segment utilization.*

**Keywords:** International space station; utilization; scientific and applied research programs; flight control; effectiveness increase methods; integrated infomedia; expert support systems.

**В** основе парадигмы развития современной российской пилотируемой космонавтики лежит принцип, сформулированный в начале 1960-х гг. С.П. Королевым: "Одной из самых главных задач является осуществление полета человека в космос с исследовательскими целями. Как бы ни были совершенны приборы и аппаратура на автоматических

станет важным шагом на пути повышения эффективности целевого использования российского сегмента МКС.

#### Библиографический список

1. **Творческое** наследие академика Сергея Павловича Королева. Избранные труды и материалы / под общ. ред. академика М.В. Келдыша. М.: Наука, 1980. 591 с.
2. **Марков А.В., Сорокин И.В.** Наследие С.П. Королева и современные проблемы целевого использования пилотируемых космических комплексов // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2007. № 1. С. 24—33.
3. **Sorokin I.V., Markov A.V.** Utilization of Space Stations: 1971—2006 // AIAA Journal of Spacecraft and Rockets. 2008. Vol. 45. No. 3. P. 600—607.
4. **Управление проектами: от планирования до оценки эффективности: практическое пособие** / под ред. Ю.Н. Лапыгина. М: Омега-Л, 2007. 252 с.
5. **Соловьев В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е.** Управление космическими полетами: Учеб. пособие / под общ. ред. Л.Н. Лысенко. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 478 с.
6. **Вентцель Е.С.** Исследование операций: задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1988. 208 с.
7. **ГОСТ Р 52017—2003.** Аппараты космические. Порядок подготовки и проведения космического эксперимента. М.: ИПК "Издательство стандартов", 2003.
8. **Марков А.В.** Новые методы формирования научных программ в пилотируемой космонавтике // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2013. № 3. С. 3—15.
9. **Марка Д., Мак-Гоуэн К.** Методология структурного анализа и проектирования: пер. с англ. М.: Метатехнология, 1993. 240 с.
10. **Легостаев В.П., Марков А.В., Сорокин И.В.** Целевое использование российского сегмента МКС: значимые научные результаты и перспективы // Космическая техника и технологии. 2013. № 2. С. 3—18.
11. **Новые** наукоемкие технологии в технике. Т. 25. Развитие и применение ракетно-космической техники и новых наукоемких технологий в XXI веке. Ч. 2. Совершенствование методологии программно-целевого планирования развития ракетно-космической техники: Энциклопедия / под общ. ред. К.С. Касаева. М.: ЗАО "НИИ "ЭНЦИТЕХ", 2006. 431 с.
12. **Трахтенгерц Э.А.** Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений: В 2-х т. Т. 1. Методы и средства. М.: СИНТЕГ, 2009. 172 с. Т. 2. Реализация решений. М.: СИНТЕГ, 2009. 224 с.





**ВАЙНПРЕС**  
Алексей Леонидович —  
начальник опытно-  
конструкторского бюро  
МВЗ им. М.Л. Миля



**ФИЛЕНКОВ**  
Евгений Витальевич —  
начальник отдела  
МВЗ им. М.Л. Миля



**ИЛЬИН**  
Игорь Римович —  
начальник бригады  
МВЗ им. М.Л. Миля

## Сравнительный анализ электродистанционной и гидромеханической систем управления вертолета

**А.А. Вайнпрес, Е.В. Филенков, И.Р. Ильин**

E-mail: irilyin@mi-helicopter.ru

*Проведен сравнительный анализ масс, затрат на полный жизненный цикл, отказо-безопасности и эргономики электродистанционной и гидромеханической систем управления вертолета.*

**Ключевые слова:** электрическая дистанционная система управления (ЭДСУ); гидромеханическая система управления; жизненный цикл продукта; эргономика; боковые ручки управления.

**A.L. Vainpres, E.V. Filenkov, I.R. Ilyin.** Helicopter Fly-By-Wire Versus Hydromechanical Flight Control System Tradeoff Analysis

*Mass, system life cycle cost, system reliability, mission reliability, flight safety reliability and ergonomic aspects tradeoff analysis for helicopter is considered in the article.*

**Keywords:** Fly-by-Wire (FBW); hydromechanical flight control system; product life cycle; ergonomics; side-arm controls.

**В** настоящее время на большинстве гражданских и военных вертолетов применяется традиционная гидромеханическая система управления (ГМСУ) полетом, состоящая из командных органов управления, тяг, качалок, кронштейнов, гидромеханических приводов (исполнительных органов управления), дифференциальных и других механизмов. Однако в течение трех последних десятилетий отмечается постепенный переход от механического принципа передачи команд в системе управления полетом к электрическому, который уже реализован на модернизированных и вновь разрабатываемых вертолетах, таких как V-22 Osprey, RAH-66 Comanche, NH-90, "Ансат", S-92F, CH-53K, Bell 525 [1—4].

Основным преимуществом применения электрической дистанционной системы управления полетом (ЭДСУ) вместо ГМСУ является реализация более совершенных законов управления для разных режимов полета.

Динамика вертолета как объекта управления существенно различается для режимов висения, взлета, посадки, поступательного полета, авторотации. Отсутствие прямой связи между командными и исполнительными органами системы управления позволяет применить для этих режимов законы управления, оптимальные для каждого режима и тем самым снизить рабочую нагрузку на пилота, улучшить летно-технические характеристики и уменьшить прямые эксплуатационные расходы.

- ЭДСУ требует высокой степени надежности комплектующих изделий и живучести, высокого качества программного обеспечения пока не достигнуто.
- Требуются углубленные исследования по оценке последствий потенциального воздействия электромагнитных излучений и механических повреждений от современного оружия на работоспособность ЭДСУ.
- Применение ЭДСУ более целесообразно на перспективных гражданских вертолетах при выработке требований по сертификации вертолетов с ЭДСУ.
- В подходах к формированию системы управления вертолетом двойного назначения целесообразна приоритетная разработка классической гидромеханической системы с последующей реализацией ЭДСУ.
- При внедрении ЭДСУ в систему управления вертолетом прогнозируется значительный выигрыш.
- Требование по безопасности полета (не более одного аварийного отказа на  $10^7$  ч работы) может быть выполнено при использовании как дублированной ГМСУ, так и ЭДСУ.
- Требование по отказам от полета (не более одного отказа за  $10^4$  ч полета) может быть выполнено при использовании ЭДСУ (при условии, что проводка управления кабины пилота спроектирована таким образом, что составляющая частоты ее отказов незначительна в показателе отказа от полетов). Это требование невыполнимо при использовании ГМСУ.
- Требование по СВМО, касающееся 2500 ч, не выполняется ни дублированной ГМСУ, ни ЭДСУ. Тем не менее ЭДСУ примерно на 28 % лучше по этому показателю, чем ГМСУ.
- Характеристики эксплуатационной технологичности ЭДСУ выше, чем у ГМСУ. Внеплановое техническое обслуживание для ЭДСУ составляет по объему примерно 1/3 от аналогичного для ГМСУ, а ежедневное профилактическое техническое обслуживание ЭДСУ — примерно 1/2 от ГМСУ. Таким образом, ЭДСУ имеет большую готовность к полету.
- Система ЭДСУ (с традиционными рычагами управления кабины пилота) на 64,8 кг легче дублированной ГМСУ. Эта разница может быть использована либо на увеличение дальности полета (топливо), либо на повышение грузоподъемности.
- Экономия на стоимости жизненного цикла ЭДСУ составит примерно 200 млн дол. США. Большие затраты на проектирование инструмента и технологическую подготовку производства для дублированной ГМСУ частично компенсируются дополнительными затратами на поиск и оценку организаций-поставщиков, а также летные испытания ЭДСУ. Еще одна значительная экономия средств происходит в результате уменьшения затрат на обслуживание, связанных с модульной конструкцией ЭДСУ и встроенной возможностью самотестирования системы.
- Максимальная выгода от технологии ЭДСУ не может быть получена без применения концепции перспективных органов управления кабины пилота.

#### Библиографический список

1. Есаулов С.Ю., Вайнпрес А.Л., Филенков Е.В., Ильин И.Р. Системы электрического дистанционного управления для вертолетов // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2015. № 8—9. С. 38—53.
2. Gaylor W.C., Kenneth F.G. Fly-by-Wire Versus Dual Mechanical Controls For The Advanced Scout Helicopter — Quantitative Comparison // Bell Helicopter Textron, Fort Worth, Texas, Final Report, January 1981.
3. Knorr R., Melz C., Faulkner A., Obermayer M. The Application of Active Side Arm Controllers in Helicopters // A Conference on Flying Qualities and Human Factors, San Francisco, California, 1993.
4. Kim S.K., Bothwell M., Fortenbaugh R. The Bell 525 Relentless, The World's First "Next Generation" Fly-by-Wire Commercial Helicopter // 70<sup>th</sup> Annual Forum of the American Helicopter Society, Montreal, Quebec, Canada, May 2014.
5. A Review of Anthropometric Data of German Air Force and United States Air Force Flying Personnel, AGARD-AG-205, 1974.
6. Landis K.H., Glusman S.L. Development of ADOCS (Advanced Digital/Optical Control system) Controllers and Control Laws. Vol. 1—3. Philadelphia, Boeing Vertol Co. National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC, 1984.



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

## Эффективность применения интегрированной информационной системы при моделировании бортового авиационного ракетного оружия "воздух—воздух"

**К.Г. Бомштейн**

E-mail: grimarus2@gmail.com

*На основе анализа пяти направлений моделирования бортового ракетного оружия "воздух—воздух", основанных на применении интегрированных информационных систем (ИИС), проведена качественная оценка эффективности использованных ИИС при решении широкого спектра задач проектирования, производства и боевого применения ракет данного класса. Этим спектром охвачены такие актуальные области, как формирование эффективных систем управления высокоточными ракетами "воздух—воздух", обеспечение требуемой скорости, маневренности и эффективности органов управления ракетой системы управления гибкими аэрокосмическими летательными аппаратами, сопряженное моделирование и др.*

**Ключевые слова:** концептуальное проектирование; взаимодействие обтекающего потока и конструкции; эффект постановки помех; обеспечение живучести.

**K.G. Bomstein.** The Efficacy Of Integrated Information System In The Simulation Of Aircraft On-Board Air-To-Air Missile Weapons

*A qualitative assessment of the effectiveness of used Integrated Information System for solving a wide range of applications: design, production and combat use of rockets of this class — was done based on the analysis of the five areas of simulation of onboard air-to-air missile weapons. This range covers such topical areas as the formation of effective control systems of high-precision air-to-air missiles, to ensure the required speed, maneuverability and efficiency of missile control, control systems of flexible aerospace vehicles, combined modeling, etc.*

**Keywords:** conceptual design; interaction of slip flow and design; the effect of jamming; ensuring of survivability.

**В** данной статье под интегрированной информационной системой (ИИС) будем подразумевать программный математический комплекс, предназначенный для решения научно-исследовательских и инженерно-технических задач на основе информационного обеспечения и объединения функциональных объектов с использованием алгоритмических языков различной сложности. К числу широко используемых ИИС, в основном в комбинированной форме, относятся ADAMS, ANSYS, ANSYS Mechanical, ANSYS FLUENT, Autodesk, CADAM, CAPRI, CASE, CATIA, CEASION, COMPAS, CREATE-AV, CPACS, EDGE CFD, EUCLID, FLOWVISION, HOPSAN, Kestrel Solver, LOGOS, LS-DYNA, Mathematica, Matlab, MEDINA, Modelica, NASTRAN, Pro/ENGINEER, RANS, RAPID, SID, SimSac, SIMULINK, Smalltalk, Solidworks, SZL, TANGO, TECPLOT,

Окончание таблицы

Источники	Область моделирования	ИИС	Эффективность
Моделирование эффектов постановки помех ракете с вращающимся в полете корпусом (Modeling jamming effects on rolling airframe missile)	Оценка мер противодействия помехам, создаваемым противником ракетам с инфракрасной системой наведения для организации их минимизации	Matlab, Simulink	Проведением демодуляции данных, полученных бортовыми МЕМ-датчиками, осуществляется преобразование координат и выстраивается график высоты полета ракеты для последующей количественной оценки ее реакции на меры противодействия
Методология моделирования (на основе применения сочетания ИИС Matlab, Simulink и MODTRAN) динамического отображения ракет противника, оснащенных головкой самонаведения на тепловое излучение подвижных объектов, применительно к разработке мер противодействия и оценки их эффективности для обеспечения живучести атакуемых объектов. (A Matlab/Simulink methodology for simulating dynamic imaging)	Создание помех и разработка мер противодействия	Matlab, Simulink, MODTRAN	Обеспечение живучести атакуемого ЛА
Исследование расчетной модели типовой ракеты "воздух—воздух" (The analysis of a generic air-to-air missile simulation model)	Оценка вероятности поражения ракетой воздушной цели противника	TDM, TMS, DMS	Обоснование приоритетного применения динамической модели полета ракеты по сравнению с локализованной относительно цели пуска ракеты
Система регистрации промаха ракеты "воздух—воздух" (Air-to-air missile vector scoring)	Создание мер противодействия и совершение маневров по уходу из-под удара атакующей ракеты. Оценка боеспособности и точности ракетного оружия	Matlab	Разработана система регистрации промаха, предназначенная для проведения испытаний и практического применения, построенная на базе использования трех различных динамических моделей

## Библиографический список

1. Rosema Cr., Doyle J., Auman L., Underwood M. MISSILE DATCOM. User's Manual — 2011 Revision.
2. Tanil C. Optimal external configuration design of missiles // A thesis submitted to the graduate school of natural and applied science of Middle east technical university. July 2009.
3. Jovanovic S., Regodic D. Design of missile models for testing on numerical control measurement machines // International Journal of Scientific and Research Publications. Vol. 5. Issue 6. P. 1—9. June 2015.
4. Panferov A., Brodsky S., Nebylov A. Mathematical models of complex flexible missile and software for control system design and simulation // International institute for advanced aerospace technologies of State University of Aerospace Instrumentation. Russia. URL: <http://ib.physcon.ru/file?id=f5c1e24a71cc>.
5. Baskut E., Akgül A. Development of a coupling procedure for static aeroelastic analyses // Scientific Technical Review. 2011. Vol. 61. No. 3—4. P. 39—48. URL: <http://nt.ntnu.no/users/skoge/prost/proceedings/ifac11-...>
6. Perotoni M.B., Andrade L.A. Numerical evaluation of an air-to-air missile radar cross section signature at X-band // J. Aerosp. Technol. Manag., São José dos Campos. Vol. 3. No. 3. P. 287—294. Sep. — Dec. 2011.
7. Tremblay J.P., Viau C.R. A Matlab /Simulink methodology for simulating dynamic imaging. Technologies for Optical Countermeasures // VI. Proc. of SPIE Vol. 7483. 2009. URL: [http://ecm.com/uploads/resources\\_technical/spie](http://ecm.com/uploads/resources_technical/spie).
8. Kaplan J., Chappell A., MacManus J. The analysis of a generic air-to-air missile simulation model. URL: <http://cs.odu.edu/~mln/ltrs-pdfs/NASA-94-tm109057.pdf>.



**КУЗНЕЦОВ**  
Виктор Иванович — профессор Омского государственного технического университета, доктор техн. наук



**МАКАРОВ**  
Владимир Вячеславович — доцент Омского государственного технического университета, кандидат техн. наук

## Оптимизация параметров агрегата системы термостатирования ракетного комплекса

**В.И. Кузнецов, В.В. Макаров**

E-mail: info@omgtu.ru; makarov@omgtu.ru

*Определена оптимальная форма рабочей камеры агрегата системы термостатирования ракетного комплекса (вихревой трубы). Показано, что для снижения гидравлических потерь и повышения термодинамической эффективности образующая внутренней поверхности вихревой камеры должна иметь форму гиперболы, а сама вихревая камера — усеченного гиперболюида.*

**Ключевые слова:** вихревая труба; рабочая камера; внутренняя поверхность; гипербола; усеченный гиперболюид.

**V.I. Kuznetsov, V.V. Makarov.** Optimization Of Parameters Of The Unit Temperature Control Systems Of Missile Complex

*Determined the optimal form of the working Chamber of the unit temperature control systems of missile complex (Vortex tubes). It is shown, that to reduce hydraulic losses and increase efficiency forming the inner surface of the thermodynamic swirl Chamber must be a Hyperbola, and the swirl Chamber-truncated hyperboloid.*

**Keywords:** vortex tube; working chamber; internal surface; hyperbole; truncated hyperboloid.

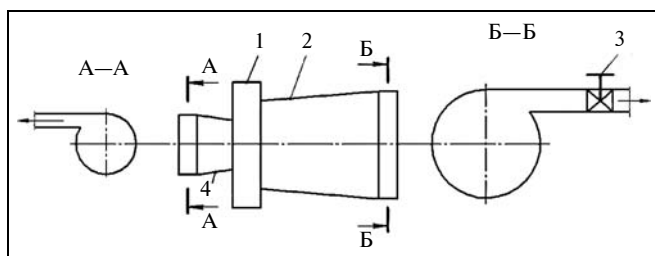
**В**ихревые трубы получили широкое распространение в системе термостатирования во многих отраслях промышленности. В частности, они используются в наземном оборудовании ракетных комплексов. Как известно, для увеличения эффективности работы системы термостатирования необходимо иметь оптимальную форму рабочей камеры вихревой трубы.

Рабочие камеры вихревой трубы изготавливают различного вида: цилиндрические, конические, сходящиеся и конически расходящиеся [1]. Нет единого мнения относительно их температурной эффективности и хладопроизводительности. Внутренняя поверхность рабочей камеры вихревой трубы будет иметь оптимальную форму в том случае, если она совпадает с образующей вращающегося потока. При этом гидравлические потери имеют минимальное значение.

Определим вид образующей вращающегося потока газа после истечения из выходного сопла вихревой трубы.

Считаются известными: расход газа на входе в вихревую трубу  $G_1$ , размеры сопла вихревой трубы (ширина  $b$  и высота  $h$ ), полное давление газа  $P_1^*$  и полная температура газа  $T_1^*$  на входе в вихревую трубу (рис. 1).

В статье приняты следующие основные условные обозначения:  $p$  — давление, Па;  $\rho$  — плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  — скорость, м/с;  $r$  — радиус, м;  $\mu_T$  — кинематическая турбулентная вязкость, м<sup>2</sup>/с;  $l_T$  — длина вихревой камеры, м;



**Рис. 2. Вихревая труба с улитками на концах для преобразования вращательного движения газа в прямолинейное:**

1 — входное тангенциальное сопло; 2 — камера энергетического распределения газа (усеченный гиперboloид); 3 — вентиль (для регулирования расхода подогретого потока газа); 4 — диафрагма (для выхода охлажденного потока газа)

камеры должна быть гиперболой, а сама вихревая камера — усеченным гиперboloидом.

На базе теоретических и экспериментальных исследований внутренней поверхности рабочей

камеры вихревой трубы была составлена заявка на предполагаемое изобретение, на которую был получен патент (рис. 2) [5].

#### Библиографический список

1. **Вулис Л.А.** Эффект Ранка // Тр. совещания по прикладной газовой динамике: Сб. науч. трудов / АН Казахской ССР, Алма-Ата, 1959.
2. **Кузнецов В.И.** Визуализация потока газа в вихревой трубе // Тез. I Всесоюз. семинара по оптическим методам исследований потоков. Новосибирск, 1989. С. 108—109.
3. **Кузнецов В.И.** Теория и расчет эффекта Ранка. Омск: Изд. ОмГТУ, 1994. 217 с.
4. **Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.** Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. литературы, 1986. 544 с.
5. **Ченцов А.В., Кузнецов В.И., Аргемова А.Б.** Вихревая труба. Пат. № 2476785. РФ. Заявка № 2011104315/07.11; Опубл. 27.02.2013; Бюл. № 6.



УДК 620.179:539.422.5

## Прочностные испытания элементов авиационных конструкций из углепластика с использованием метода акустической эмиссии и тензометрии

**В.Е. Барсуک, Г.Г. Анохин, Л.Н. Степанова, В.В. Чернова**

E-mail: aergroup@ngs.ru; anochin@yandex.ru; stepanova@stu.ru

*Приведены результаты разработки методики акустико-эмиссионного (АЭ) контроля образцов и элементов авиационных конструкций (фрагмент руля высоты самолета SSJ-100, лонжероны, образцы со стрингерами) из углепластика при прочностных испытаниях. В режиме реального времени проводились локация зон разрушения и анализ структуры сигналов АЭ с использованием вейвлет-преобразований. Полученные результаты локации зон разрушения образцов из углепластика были подтверждены проведенной фрактографией.*

**Ключевые слова:** углепластик; авиационная конструкция; дефект; акустическая эмиссия; тензометрия; прочность; нагрузка.

**V.E. Barsuk, G.G. Anokhin, L.N. Stepanova, V.V. Chernova. Strength Tests Of The Carbon Fiber Reinforced Plastic Aerostructures With Acoustic Emission Technique And Strain Gauging**

*It is given the results of preparation of acoustic emission (AE) check-out methodology of carbon fiber reinforced plastic (CFRP) samples and aerostructures (elevation rudder's fragment of SSJ-100 plane, longerons, samples with stringers) during the strength tests. The location of damage area and analysis of AE signal structure with wavelets were carried out in real-time. The findings of damage area location of CFRP samples were verified by fractography.*

**Keywords:** carbon fiber reinforced plastic (CFRP); aerostructure; defect; acoustic emission; strain gauging; strength; load.

**С**овременные авиационные конструкции, изготовленные из композиционных материалов (КМ) на основе углепластика, обладают высокой прочностью, стойкостью к тепловому удару, облучению, что позволяет использовать их при создании конструкций ответственного назначения. Однако неоднородность структуры и высокая чувствительность к механическим повреждениям являются серьезными проблемами при их производстве и эксплуатации.

Композиты обладают малым запасом пластичности и характеризуются отсутствием перераспределения нагрузок, как у металлов. Поэтому расчетное и экспериментальное исследования прочности и степени опасности дефектов ответственных агрегатов и силовых элементов авиационных конструкций, изготовленных из КМ, актуальны [1–3].



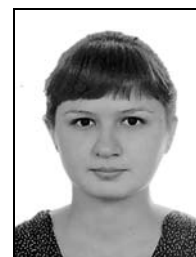
**БАРСУК**  
Владимир Евгеньевич — директор ФГУП "Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С.А. Чаплыгина", кандидат техн. наук



**АНОХИН**  
Григорий Геннадьевич — первый заместитель директора по разработке авиационной техники ФГУП "Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С.А. Чаплыгина"



**СТЕПАНОВА**  
Людмила Николаевна — начальник сектора ФГУП "Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С.А. Чаплыгина", профессор, доктор техн. наук



**ЧЕРНОВА**  
Валентина Викторовна — аспирант Сибирского государственного университета путей сообщения

**Библиографический список**

1. **Степанова Л.Н., Коваленко Н.А., Огнянова Е.С.** и др. Использование метода конечных элементов, тензометрии и акустической эмиссии для определения механизма разрушения образцов из углепластика при прочностных испытаниях // Контроль. Диагностика. 2015. № 4. С. 29—36.
2. **De Waele W., Degrieck J., De Baets P.** Feasibility of integrated optical fibre sensors for condition monitoring of composite structures. Part II: Combination of bragg-sensors and acoustic emission detection // INSIGHT. Vol. 45. No. 8. August 2003. P. 542—553.
3. **Beckermann G.** Nanofibre beils for high —performance composites // JEC COMPO-SITES. 2016. No. 102. P. 39—42.
4. **Степанова Л.Н., Анохин Г.Г., Чернова В.В.** Прочностные исследования образцов из углепластика с различной укладкой монослоев // Дефектоскопия. 2016. № 1. С. 30—40.
5. **Муравьев В.В., Муравьев М.В., Бехер С.А.** Применение методики обработки сигналов для повышения точности локализации сигналов АЭ // Дефектоскопия. 2002. № 8. С. 53—62.
6. **Степанова Л.Н., Анохин Г.Г., Кабанов С.И.** и др. Совершенствование акустико-эмиссионной локации дефектов при прочностных испытаниях конструкций из углепластика // Контроль. Диагностика. 2016. № 6. С. 67—72.

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, Стромынский пер., 4**

Редактор номера *О.Г. Красильникова*

Технический редактор *Е.В. Конова*. Корректоры *Т.В. Пчелкина, З.В. Наумова*

Сдано в набор 18.08.16. Подписано в печать 22.09.16. 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](http://www.aov.ru)

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