

О РАЗРАБОТКЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭКВИВАЛЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ВНУТРЕННЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НОСОВЫХ ОТСЕКОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Г.В. Белов, В.А. Марков, В.И. Пусев, В.В. Селиванов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия
e-mail: mva_2805@mail.ru

На основе анализа компоновочных схем внутреннего оборудования носовых отсеков летательных аппаратов, содержащих радиоэлектронную аппаратуру, выявлено, что конструктивно-компоновочные схемы внутреннего оборудования носовых отсеков реактивных истребителей и управляемых ракет с диаметром миделевого сечения более 0,5 м аналогичны, с меньшим диаметром — более компактные, а при диаметре менее 0,2 м представляют собой конструктивно блок бортовой аппаратуры крупных летательных аппаратов. Показано, что в качестве механических эквивалентов конструкций внутреннего оборудования носовых отсеков уменьшенных моделей летательных аппаратов могут быть использованы высокопористые алюминиевые сплавы или сотовые конструкции из алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: механический эквивалент, конструкция внутреннего оборудования носовых отсеков летательных аппаратов, высокопористые алюминиевые сплавы, сотовые конструкции.

ON DEVELOPING MECHANICAL EQUIVALENTS FOR INTERIOR EQUIPMENT STRUCTURES OF FORE COMPARTMENTS OF FLYING VEHICLES

G.V. Belov, V.A. Markov, V.I. Pusev, V.V. Selivanov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia
e-mail: mva_2805@mail.ru

The analysis of the interior-equipment layouts of fore compartments of flying vehicles, where radio-electronic equipment is contained, is performed. It is revealed that structural layouts for the interior equipment of fore compartments of jet-fighters and guided missiles are completely analogous if the midship-section diameter is more than 0.5 m; if the diameter is from 0.2 to 0.5 m, the equipment arrangement is more tight in the missile; and with the diameter below 0.2 m, the interior-equipment structures of the missile present a single unit of onboard apparatus of large flying vehicles. It is shown that highly porous aluminum alloys or honeycomb structures made of aluminum alloys may be used as mechanical equivalents of interior-equipment structures for undersized models of flying vehicles.

Keywords: mechanical equivalent, a structure of interior equipment of fore compartments of flying vehicles, highly porous aluminum alloys, honeycomb structures.

Решение задач о высокоскоростном взаимодействии летательных аппаратов (ЛА) типа реактивных истребителей (РИ) и управляемых ракет (УР) с различными средами и преградами осложняется отсутствием или недостаточностью данных о механических свойствах конструкций внутреннего оборудования носовых отсеков ЛА. Кроме того, проведение экспериментальных исследований на конструкциях внутреннего оборудования носовых отсеков ЛА ограничено их высокой

стоимостью, поэтому целесообразна разработка механических эквивалентов (МЭ) бортовой аппаратуры (БА) ЛА не только для натуральных конструкций, но и для уменьшенных моделей ЛА (полунатурных с коэффициентом уменьшения до 10 и упрощенных с коэффициентом уменьшения от 10 до 50 [1, 2]).

Одним из сдерживающих факторов при изучении механических свойств конструкций внутреннего оборудования носовых отсеков ЛА или БА является ожидание быстрой и даже очень быстрой миниатюризации БА. Однако это ожидание не подтверждается результатами анализа развития БА РИ и УР. Исследования, проведенные в Центральном аэрогидродинамическом институте имени Н.Е. Жуковского, Летно-испытательном институте и Научно-исследовательском институте автоматических систем, проведенные в начале 1970-х гг. применительно к РИ, показали, что относительная масса БА находится в пределах от 14 до 17% взлетной массы РИ, несмотря на смену к тому времени трех поколений первичных элементов БА (пальчиковые лампы, лампы “дробь” и полупроводники с печатными платами). Это объяснялось тем, что наряду с микроминиатюризацией радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) увеличилось число и качество выполняемых функций: возросли дальность и точность работы БА, систем навигации и связи, что привело и приводит к увеличению числа первичных элементов БА.

Масса приборного отсека баллистических ракет (БР) США по мере их развития возрастала: у БР “Минитмен-3” по отношению к БР “Минитмен-2” в 1,3–1,55 раза, а у БР МХ по отношению к БР “Минитмен-2” в 1,73–2,08 раза или по отношению к БР “Минитмен-3” в 1,33 раза [3, 4]. Аналогичное увеличение массы БА наблюдается и по мере совершенствования наиболее распространенных за рубежом противокорабельных ракет (ПКР) семейства “Гарпун” (США), где модификации С (предпоследняя) и Е (последняя) имеют массу БА соответственно в 1,31 и в 2,67 раза больше по сравнению с первой модификацией А [4–7]. В целом темпы развития ЛА различных типов не уступают темпам микроминиатюризации элементной базы РЭА или превосходят, что может приводить к росту или стабилизации доли БА в конструкции ЛА при их развитии [4].

Из анализа конструктивно-компоновочных схем ЛА типа РИ следует, что носовой отсек содержит бортовую радиолокационную станцию (БРЛС) и другую РЭА, как в РИ зарубежной (рис. 1, [8–11]), так и отечественной разработки (рис. 2, [11]).

Бортовая аппаратура, составляющая внутреннее оборудование носовых отсеков отечественных РИ, состоит из блоков РЭА, которые

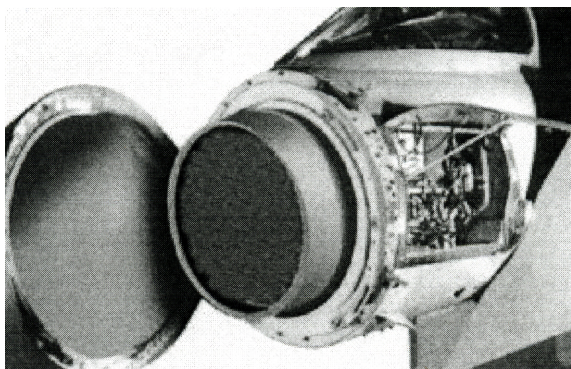


Рис. 1. Общий вид БРЛС CAESAR для РИ “Тайфун” (европейская разработка: Великобритания, Германия, Италия, Испания)

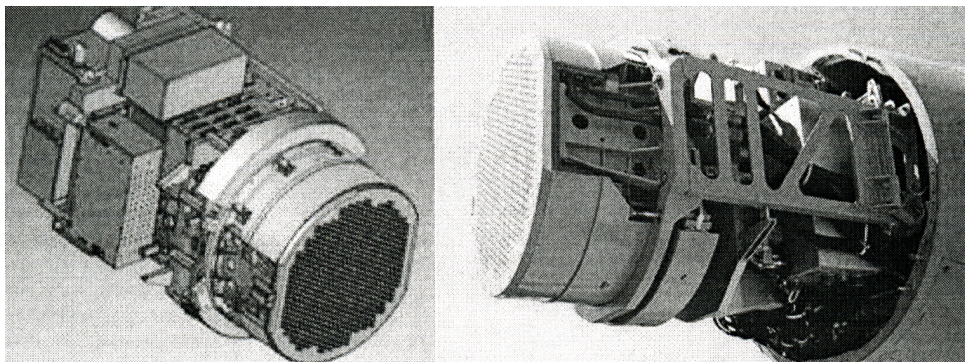


Рис. 2. Общий вид БРЛС “Жук-Э” для РИ МИГ-35 (РФ)

собраны в компактные конструкции, закрываемые снаружи фюзеляжем (корпусом) ЛА (рис. 3, [12]). Аналогичная блочная компоновка реализуется и в зарубежной авиационной технике (рис. 4, [13]).

Отметим, что УР с диаметром миделевого сечения более 0,5 м, который характерен для многих противокорабельных и крылатых ракет, имеют компоновку конструкций внутреннего оборудования носовых отсеков, которая аналогична компоновке носовых отсеков РИ (рис. 5 [7]). Приборным отсекам таких УР (рис. 5, а), как и БРЛС РИ (см. рис. 3) присуще наличие горизонтальных и вертикальных рам (рис. 5, б) из алюминиевых сплавов, составляющих вместе с межблочными жгутами и кабелями до 20...30% массы приборного отсека. Рамы приборного отсека служат для установки блоков БА (рис. 5, в), которые составляют до 70...80% массы приборного отсека. При диаметре миделевого сечения от 0,5 до 0,2 м носовые отсеки УР имеют более компактную компоновку (рис. 6, а, [15]), а при диаметре менее 0,2 м носовой отсек УР по существу представляет собой блок БА (рис. 6, б, [16]).

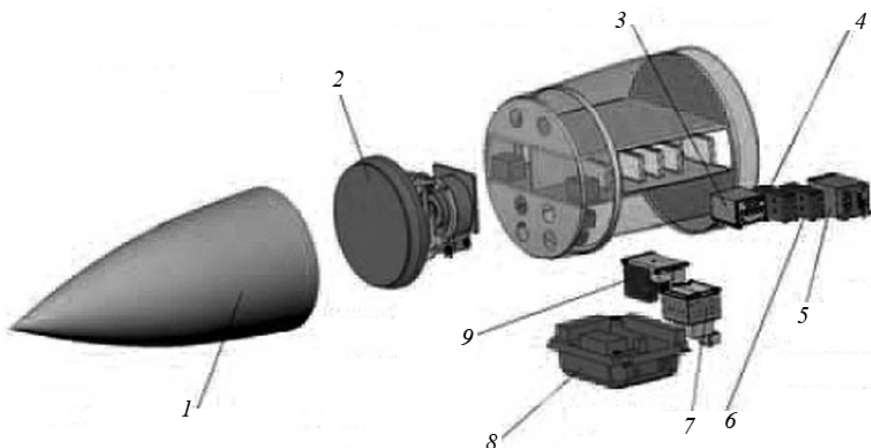


Рис. 3. Компонировка БРЛС “Ирбис-Э” для РИ Су-35 (РФ) и ее основные элементы:

1 — радиопрозрачный обтекатель; 2 — антенная система ФАР, установленная на двухступенном электрогидроприводе; 3 — четырехканальное аналогово-цифровое приемное устройство с функциями сверхвысокого разрешения; 4 — программируемый сигнальный процессор; 5 — блок синхронизации; 6 — бортовая ЭВМ; 7 — блок модулей питания; 8 — радиопередающее устройство; 9 — задающий генератор

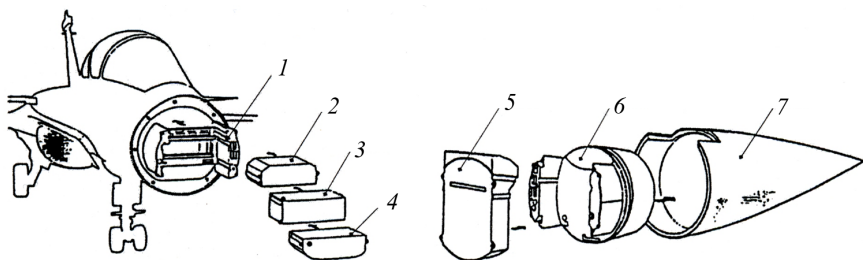


Рис. 4. Компонировка внутреннего оборудования носового отсека РИ “Рафаль” (Франция) и ее основные элементы:

1 — волноводный тракт; 2 — приемное устройство; 3 — процессорный блок; 4 — передатчик; 5 — облучатель; 6 — блок формирования диаграмм направленности; 7 — радиопрозрачный обтекатель

Таким образом, блоки БА составляют примерно 70...80% массы внутреннего оборудования носовых отсеков ЛА и заполняют 90...95% площади поперечного сечения отсека. Остальная часть массы внутреннего оборудования носового отсека приходится на рамы, узлы крепления, межблочные жгуты и кабели, системы наддува, охлаждения и т.д. (см. рис.3–6). Из этого следует, что механические свойства внутреннего оборудования носовых отсеков ЛА будут определяться, в основном, механическими свойствами блоков БА. В работах [17–19] отмечается широкое применение в БА в качестве конструкционных материалов алюминиевых сплавов (корпуса, шасси, радиаторы, экраны и т.д.).

Результаты приближенного анализа конструкционных материалов блоков БА [4] показывают, что основную долю массы и объема твердой фазы или матрицы блоков БА составляют металлические сплавы: алюминий-магниевые, железные и медные. Их доля достигает до 95,4% массы и 92,1% объема матрицы. Основные конструктивные и силовые элементы блоков (корпуса, экраны, перегородки, радиаторы, узлы крепления и т.д.) выполнены из алюминий-магниевого сплава (как литейного, так и деформируемого), доля которых достигает до 66,8% массы и до 78,5% объема матрицы. Блоки БА являются композиционной высокопористой средой, которая по своим компоновоч-

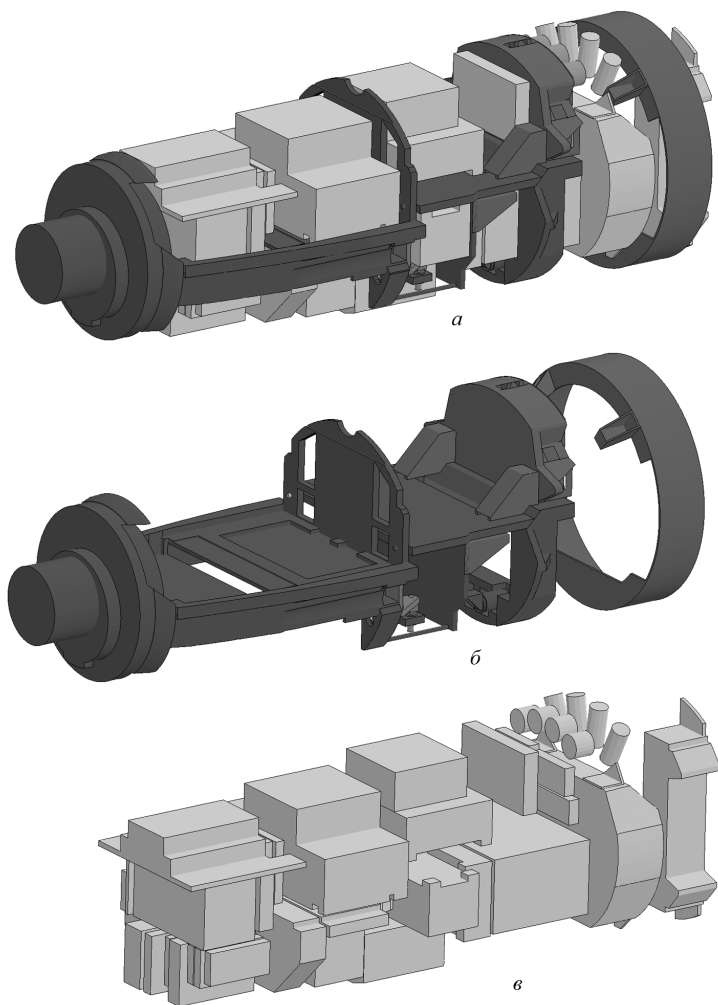
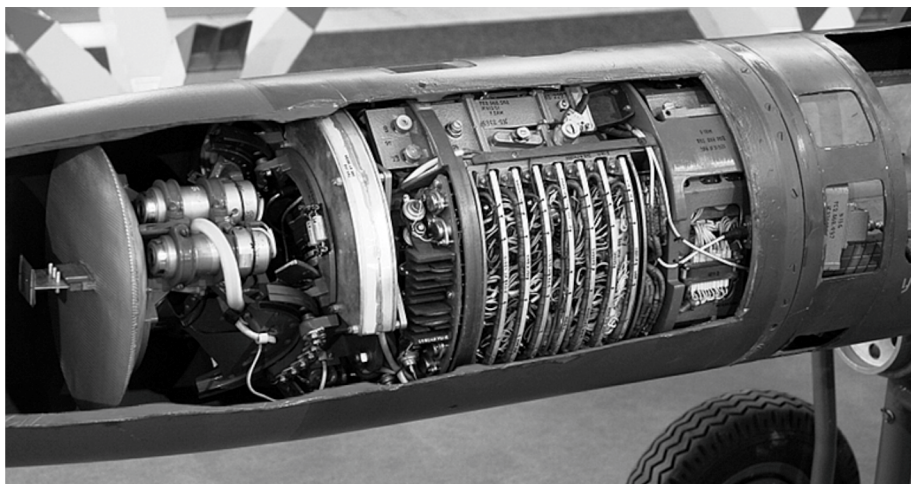


Рис. 5. Компоновка внутреннего оборудования носового отсека (приборного отсека) УР с диаметром миделевого сечения более 0,5 м и ее основные элементы:

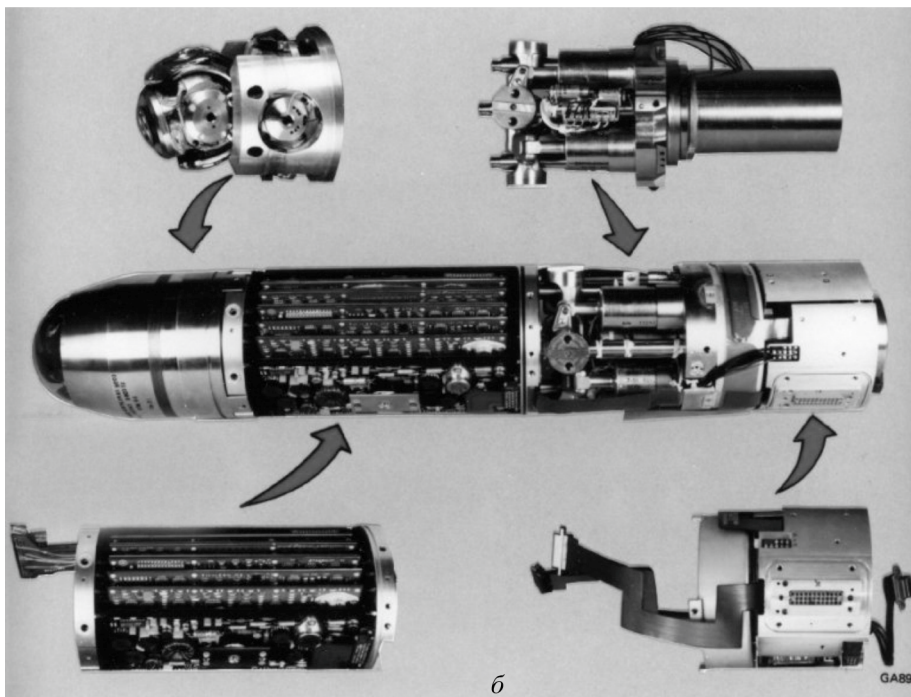
a — приборный отсек в сборе; *б* — горизонтальные, вертикальные и кольцевые рамы приборного отсека; *в* — блоки БА приборного отсека

ным характеристикам, составу материалов и механическим свойствам весьма близка к высокопористым алюминиевым сплавам и сотовым конструкциям из алюминиевых сплавов [4].

Поэтому в качестве МЭ конструкций внутреннего оборудования носовых отсеков уменьшенных моделей ЛА могут быть использованы высокопористые алюминиевые сплавы (перфорированные (рис. 7, а), ячеистые (рис. 7, б)) или сотовые конструкции из алюминиевых сплавов (рис. 7, в).



а



б

Рис. 6. Общий вид приборных отсеков УР с диаметрами миделевого сечения: а — менее 0,5 м и более 0,2 м; б — менее 0,2 м

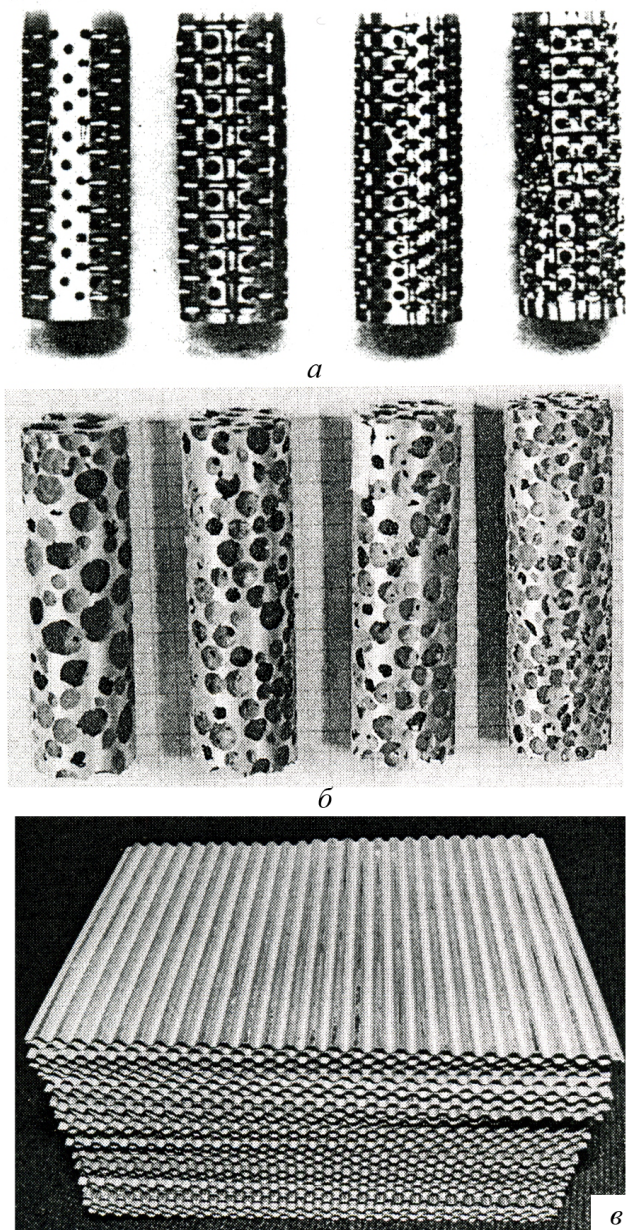


Рис. 7. Варианты МЭ конструкций внутреннего оборудования носовых отсеков уменьшенных моделей ЛА:

a — объемно-перфорированные алюминиевые сплавы; *б* — ячеистые алюминиевые сплавы; *в* — сотовые конструкции из алюминиевых сплавов

Кроме того, следует отметить параметры, которые определяют соответствие механических свойств МЭ и конструкции натурной БА:

- начальная средняя плотность;
- начальная пористость (при использовании в качестве МЭ высокопористых алюминиевых сплавов или сотовых конструкций из алю-

миниевых сплавов отклонения начальной пористости МЭ от начальной пористости блоков БА, являющихся высокопористыми композиционными конструкциями, могут составлять до –20,3 % [4]);

– значения относительных зазоров и пустот;

– прочностные характеристики конструкционных материалов.

Наряду с перечисленными параметрами следует учитывать особенности конструкций блоков БА, особенно их корпусов. Учет перечисленных параметров позволяет приближенно моделировать механические свойства конструкций внутреннего оборудования носовых отсеков ЛА с помощью МЭ на основе высокопористых алюминиевых сплавов или сотовых конструкций из алюминиевых сплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жариков А.В., Марков В.А., Овчинников А.Ф., Пусев В.И.* Вопросы физического моделирования высокоскоростного взаимодействия летательного аппарата с тонким металлическим экраном // Материалы XVII Международ. симп. “Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред” им. А.Г.Горшкова. Ярополец, 14–18 февраля 2011 г. Т. 2. М.: ООО “ТР-принт”, 2011. С. 110–118.
2. *Пусев В.И.* О физическом моделировании деформирования и разрушения конструкций при действии ударных и взрывных нагрузок // Вестник Нижегородского университета им. Н.Н.Лобачевского. 2011. № 4. Ч. 4. С. 1722–1724.
3. *Технические основы эффективности ракетных систем / под ред. Е.Б.Волкова.* М.: Машиностроение. 1990. 256 с.
4. *Марков В.А., Овчинников А.Ф., Пусев В.И.* Модельная среда для внутреннего оборудования носовых отсеков летательных аппаратов // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. Машиностроение. 2010. Спец. вып. С. 196–206.
5. *Кочубей С.* Совершенствование противокорабельного ракетного комплекса “Гарпун” // Зарубежное военное обозрение. 1990. № 7. С. 46–52.
6. *Тучков Ю.* Американская система УРО “Гарпун” // Зарубежное военное обозрение. 1976. № 3. С. 78–82.
7. *Corp С.* McDonnal-Douglas AGM-84A Harpoon and AGM-84E SLAM. URL: <http://www.ausairpower.net/TE-Harpoon.html> (дата обращения 10.01.2012).
8. *Зарубежные бортовые РЛС. Captor CAESAR.* URL: <http://kaf401.rloc.ru/files/BRLS.Foreign.pdf> (дата обращения 11.11.2012).
9. *Западная Европа.* Летные испытания РЛС с АФАР “Кэптор-Е” для истребителя “Тайфун” // ГосНИИАС. Экспресс-информация. Авиационные системы (по материалам зарубежных информационных источников). 2006. № 22, июнь. URL: <http://www.gosniias.ru/pages/ti/2006/ti2206.htm> (дата обращения 11.11.2012).
10. *Западная Европа, США.* Состояние внедрения РЛС с АФАР на зарубежных боевых самолетах // ГосНИИАС. Экспресс-информация. Авиационные системы (по материалам зарубежных информационных источников). 2007. № 27, июль. URL: <http://www.gosniias.ru/pages/issues/ti/2007/ti2207.htm#2> (дата обращения 11.11.2012).
11. *Фомин А.* МИГ-35. Будущее семейства легких фронтовых “Мигов” // Взлет. 2007. № 3. URL: <http://lib.rus.ec/b/315531/read> (дата обращения 08.02.2012).
12. *Corp С.* Flanker radars in beyond visual range air combat. Tech. Rep. APA-TR-2008-0401. URL: <http://www.ausairpower.net/APA-Flanker-Radars.htm#muzTuld533477> (дата обращения 08.02.2012).

13. Кузьмин А. Радиолокационная станция RBE2 самолета “Рафаль” // Зарубежное военное обозрение. 1997. № 2. С. 36–40.
14. Комплекс БраМос. URL: <http://military.tomsk.ru/blog/index-11.html> (дата обращения 16.01.2012).
15. Корр С. Самоходный зенитный ракетный комплекс 2K12 Куб/Квадрат//Techn. Rep. APA-TR-2009-0701. URL: <http://ausairpower.net/APA-2K12-Kvadrat.html> (дата обращения 08.02.2012).
16. Корр С. The Sidewinder story//Australian Aviation. 1994. № 4. URL: <http://www.ausairpower.net/TE-Sidewinder-94.html> (дата обращения 08.02.2012).
17. Варламов Р.Г. Компоновка радиоэлектронной аппаратуры. М.: Сов. радио, 1975. 351 с.
18. Конструирование микроэлектронной аппаратуры / под ред. Б.Ф. Высоцкого. М.: Сов. радио, 1977. 128 с.
19. Компоновка и конструирование микроэлектронной аппаратуры / под ред. Б.Ф. Высоцкого, В.Б. Петрякова. М.: Радио и связь, 1982. 208 с.

Статья поступила в редакцию 27.11.2012