



АВИАЦИЯ ♦ РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА ♦ КОСМОНАВТИКА

Журнал выходит ежемесячно

Выпускается с августа 1998 г.

Г.В. НОВОЖИЛОВ –

Главный редактор (авиация)

А.С. КОРОТЕЕВ –

Главный редактор (ракетная техника и космонавтика)

Л.А. ГИЛЬБЕРГ –

зам. Главного редактора

Члены редакционной коллегии	Редакционный совет
В.В. АЛАВЕРДОВ	А.М. МАТВЕЕНКО – председатель
А.П. АЛЕКСАНДРОВ	О.М. АЛИФАНОВ
А.П. БОБОВНИКОВ	Н.А. АНФИМОВ
В.Г. ДМИТРИЕВ	В.И. БАРКОВСКИЙ
А.Н. ЗЕЛИН	И.В. БАРМИН
Б.И. КАТОРГИН	В.Е. БАРСУК
П.И. КЛИМУК	В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ
А.А. ЛЕОНОВ	Б.В. БОДИН
В.А. ЛОПОТА	А.Ф. ВОЙНОВ
А.М. МАТВЕЕНКО	А.Н. ГЕРАЩЕНКО
С.В. МИХЕЕВ	Ю.Ф. ГОРТЫШОВ
Н.Ф. МОИСЕЕВ	М.Б. ГУЗАЙРОВ
А.Ф. МОРОЗЕНКО	В.А. ДАВЫДОВ
Ф.Н. МЯСНИКОВ	Г.Л. ДЕГТЯРЕВ
Б.В. ОБНОСОВ	О.Ф. ДЕМЧЕНКО
А.Н. ПЕРМИНОВ	Н.Н. ДОЛЖЕНКОВ
М.А. ПОГОСЯН	Ю.С. ЕЛИСЕЕВ
Г.М. ПОЛИЩУК	С.Ю. ЖЕЛТОВ
Г.Г. РАЙКУНОВ	Л.М. ЗЕЛЕНый
О.Н. РУМЯНЦЕВА	А.Н. КИРИЛИН
М.П. СИМОНОВ	В.А. КОМАРОВ
В.В. ТЕРЕШКОВА	В.В. КРЫМОВ
И.Б. ФЕДОРОВ	Л.Н. ЛЫСЕНКО
Е.А. ФЕДОСОВ	В.А. МЕНЬШИКОВ
С.Л. ЧЕРНЫШЕВ	Т.А. МУСАБАЕВ
	В.Е. НЕСТЕРОВ
	Н.А. ПИРОГОВ
	К.М. ПИЧХАДЗЕ
	В.А. ПОЛЕТАЕВ
	П.Р. ПОПОВИЧ
	В.А. ПОПОВКИН
	Ю.А. РЫЖОВ
	Г.Г. САЙДОВ
	В.Г. СВЕТЛОВ
	А.Н. СЕРЬЕЗНОВ
	М.Ю. СМУРОВ
	В.П. СОКОЛОВ
	А.В. СОЛЛОГУБ
	В.А. СОЛОВЬЕВ
	А.И. ТАТУЕВ
	В.В. ЦИБЛИЕВ
	Б.Е. ЧЕРТОК
	В.А. ШАТАЛОВ
	И.С. ШЕВЧУК

Ответственные секретари журнала

И.Н. МЫМРИНА
Д.Я. ЧЕРНИСРедактор-организатор
О.С. РОДЗЕВИЧ

Представители журнала:

г. Казань: Р.И. АДГАМОВ, тел. (843) 238-46-23
 Роскосмос: А.А. ВОРОБЬЕВ, тел. (495) 975-45-86
 ВВС РФ: А.В. ДРОБЫШЕВСКИЙ, тел. (495) 261-43-51
 г. Уфа: О.Б. СЕВЕРИНОВА, тел. (3472) 73-07-23
 Израиль: И.М. МОНАСТЫРСКИЙ, тел. (03659) 44-14
 Франция, Париж: Е.Л. ЧЕХОВ,
 тел. (10331) 47-49-28-05

СОДЕРЖАНИЕ

Перминов А.Н., Райкунов Г.Г. О некоторых актуальных направлениях и проблемах развития космической отрасли в современных условиях	3
Коротеев А.С., Ризаханов Р.Н. Нанотехнологии в космической технике	9
Федосов Е.А. Проект создания нового поколения интегрированной модульной авионики с открытой архитектурой	15
Демченко О.Ф. Самолет МС-21 – главное направление работы Корпорации "Иркут" и ОКБ им. А.С. Яковлева в XXI веке	23
Анфимов Н.А., Зелёный Л.М. Наука на российском сегменте МКС	27
Лопота В.А. Космическим инновациям – государственный приоритет	34
Барковский В.И., Скопец Г.М., Степанов В.Д. Методология формирования технического облика авиационных комплексов с учетом потребностей внешнего рынка	39
Полищук Г.М., Пичхадзе К.М., Ефанов В.В. Реализация концепции создания перспективных автоматических космических комплексов для научных исследований	47
Елисеев Ю.С., Крымов В.В., Соколов В.П. Эффективность работы предприятий авиадвигателестроения	55
Остапенко С.Н., Светлов В.Г., Соколовский В.В., Селезнев В.П. Информатизация предприятий авиационного машиностроения	66
Кирилин А.Н., Ахметов Р.Н., Соллогуб А.В. Проблемы создания корпоративных баз знаний для разработки изделий РКТ	71
Каторгин Б.И., Рахманин В.Ф. Вклад В.П. Глушко в развитие космической техники	79
Матвеев А.М., Волчков О.Д., Зотов А.А. Транспортные самолеты с аэродинамически несущим корпусом	85
Долженков Н.Н., Попович К.Ф., Сорокин В.Ф. Авиационный тренажер как наземный компонент перспективного учебно-тренировочного комплекса	90
Федоров И.Б. Интеграция образования, науки и производства в подготовке высококвалифицированных кадров для аэрокосмического комплекса	95
Морозенко А.Ф. Инновация – основа прогресса	100
Герашенко А.Н. Аэрокосмическое образование: проблемы и решения	103
Меньшиков В.А. 1-я конференция МАА–РАКЦ "Космос для человечества".	107
Серьезнов А.Н., Белов В.К. Роль эксперимента при обеспечении ресурса самолетов	111
Чернышев С.Л. ЦАГИ – государственный научный центр авиастроения	117

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.*

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

Телефоны: 269-48-96; 268-49-69; 268-33-39

Факс: 269-48-97; 268-33-39

Адрес электронной почты: polet@mashin.ru

Адрес в интернете: http://www.mashin.ru



AVIATION ♦ ROCKET TECHNOLOGY ♦ COSMONAUTICS

The journal is issued monthly

Published since August 1998

G.V. NOVOZHILOV –

Editor-in-Chief (Aviation)

A.S. KOROTEYEV –

Editor-in-Chief (Rocket Technology and Cosmonautics)

L.A. GILBERG –

Deputy Editor-in-Chief

Editorial

Board Members

V.V. ALAVERDOV
A.P. ALEKSANDROV
A.P. BOBOVNIKOV
V.G. DMITRIYEV
A.N. ZELIN
B.I. KATORGIN
P.I. KLIMUK
A.A. LEONOV
V.A. LOPOTA
A.M. MATVEYENKO
S.V. MIKHEYEV
N.F. MOISEEV
A.F. MOROZENKO
F.N. MYASNIKOV
B.V. OBNOSOV
A.N. PERMINOV
M.A. POGOSYAN
G.M. POLISHCHUK
G.G. RAYKUNOV
O.N. RUMYANTSEVA
M.P. SIMONOV
V.V. TERESHKOVA
I.B. FEDOROV
E.A. FEDOSOV
S.L. CHERNYSHEV

**Executive secretaries
of the journal**

I.N. MYMRINA
D.Ya. TCHERNIS

Editor Organizer

O.S. RODZEVICH

Editorial

Committee

A.M. MATVEYENKO, Chairman
O.M. ALIFANOV
N.A. ANFIMOV
V.I. BARKOVSKY
I.V. BARMIN
V.E. BARSUK
V.F. BEZYAZCHNYI
B.V. BODIN
A.F. VOINOV
A.N. GERASHCHENKO
Yu.F. GORTYSHOV
M.B. GUZAIROV
V.A. DAVIDOV
G.L. DEGTAREV
O.F. DEMCHENKO
N.N. DOLZHENKOV
Yu.S. ELISEYEV
S.Yu. ZHELTOV
L.M. ZELENY
A.N. KIRILIN
V.A. KOMAROV
V.V. KRYMOV
L.N. LYSENKO
V.A. MENSHIKOV
T.A. MUSABAYEV
V.E. NESTEROV
N.A. PIROGOV
K.M. PICHKHADZE
V.A. POLETAYEV
P.R. POPOVICH
V.A. POPOVKIN
Yu.A. RYZHOV
G.G. SAYDOV
V.G. SVETLOV
A.N. SERYOZNOV
M.Yu. SMUROV
V.P. SOKOLOV
A.V. SOLOGUB
V.A. SOLOVEV
A.I. TATUEV
V.V. TSYBLIEV
B.E. TCHERTOK
V.A. SHATALOV
I.S. SHEVCHUK

Representatives of the journal:

Kazan: R.I. ADGAMOV, phone (843) 238-46-23
Roscosmos: A.A. VOROBIOV, phone (495) 975-45-86
Russian AF: A.V. DROBYSHEVSKYI, phone (495) 261-43-51
Ufa: O.B. SEVERINOVA, phone (3472) 73-07-23
Israel: I.M. MONASTYRSKY, phone (03659) 44-14
France, Paris: E.L. TCHEHOV, phone (10331) 47-49-28-05

CONTENTS

Perminov A.N., Raykunov G.G. On Topical Issues And Problems Facing Space Industry In Its Development In Current Situation	3
Koroteyev A.S., Rizakhanov R.N. Nanotechnology In Space	9
Fedosov E.A. Project On New-Generation Open Architecture Integrated Modular Avionics Development	15
Demchenko O.F. MS-21 Aircraft: Irkut Corp, JSC Yakovlev Design Bureau's Main Priority In 21 st Century	23
Anfimov N.A., Zeleny L.M. Science At Russian Segment Of ISS	27
Lopota V.A. State Priority To Space Innovations	34
Barkovsky V.I., Skopets G.M., Stepanov V.D. Methods Of Drafting Aircraft Specifications With Account Of World Tendencies	39
Polishchuk G.M., Pichkhadze K.M., Efanov V.V. Realization Of Perspective Automated Space Complexes Development Concept For Scientific Studies	47
Eliseyev Yu.S., Krymov V.V., Sokolov V.P. Effectiveness Of Aircraft Engine Building Companies	55
Ostapenko S.N., Svetlov V.G., Sokolovsky V.V., Seleznev V.P. IT Introduction At Aircraft Companies	66
Kirilin A.N., Akhmetov R.N., Sollogub A.V. Challenges Of Corporate Database Creation For Rocket And Space Product Development	71
Katorgin B.I., Rakhmanin V.F. Contribution By V.P. Glushko To The Development Of Space Systems	79
Matveyenko A.M., Volchkov O.D., Zotov A.A. All-Body Transport Aircraft	85
Dolzhenkov N.N., Popovich K.F., Sorokin V.F. Aircraft Simulator: Ground Component Of Future Training Aircraft	90
Fedorov I.B. A Merger Of Education, Science And Production To Facilitate Training Of Skilled Personnel For Aerospace Industry	95
Morozenko A.F. Innovations: Pillars Of Progress	100
Gerashchenko A.N. Aerospace Education: Problems And Solutions	103
Menshikov V.A. 1 st "Space For Humanity" Conference Of International Astronautics Academy and Russian Tsyolkovsky Cosmonautics Academy	107
Seryoznov A.N., Belov V.K. Role Of Experiment In Aircraft Service Life Extension	111
Chernyshev S.L. TSAGI: State Research Center of Aircraft Building	117

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.

Address of the editorial office: 107076, Moscow, Stromynsky Lane, 4
Phones: 269-48-96; 268-49-69; 268-33-39
Fax: 269-48-97; 268-33-39
E-mail address: polet@mashin.ru
Internet address: http://www.mashin.ru

УДК 629. 7

О некоторых актуальных направлениях и проблемах развития космической отрасли в современных условиях

А.Н. Перминов, Г.Г. Райкунов

В статье рассмотрены приоритетные направления развития отечественной космической отрасли. Показано, что для их реализации необходимо решить ряд проблем, связанных с развитием производственных и функциональных технологий, а также с перспективами отрасли, наземной космической инфраструктуры, системой отношений в условиях современной экономики, вопросами нормативно-правового обеспечения космической деятельности.

A.N. Perminov, G.G. Raykunov. On Topical Issues And Problems Facing Space Industry In Its Development In Current Situation

The article highlights the priorities set for the development of the space industry, focusing on the issues that have to be resolved as far as the manufacturing and functional technologies are concerned. It also gives a general overview of the industry's future, its ground infrastructure, economic relations in present-day environment, and legal support of space operations.

"Все мы с вами прекрасно понимаем, что космос — это далеко не только национальный престиж, хотя для нас сегодня это крайне важно. Космос — это передовые технологии, это основа конкурентоспособности нашей экономики и безопасности. Больше того, без всякого преувеличения, космос — это основа стабильности в мире на сегодняшний день", — так охарактеризовал значение космической деятельности нашей страны Владимир Владимирович Путин в своем выступлении на Совете Безопасности Российской Федерации в преддверии Дня космонавтики 11 апреля 2008 г.

Сегодня уже нет необходимости убеждать кого-либо в огромной пользе космонавтики для человечества. Повседневная жизнь доказывает, что ни одна глобальная проблема, будь то охрана окружающей среды, обеспечение всеобъемлющей международной безопасности или развитие национальной инфраструктуры, не может быть решена без использования результатов космической деятельности.

Так, например, в рамках национального проекта "Здоровье" возможна реализация системы социально-гигиенического мониторинга на базе космической информации, а также создание общенациональной системы телемедицинских услуг.

В рамках национального проекта "Образование" на базе возможностей космических средств могут быть созданы региональные, межрегиональные и тематические сети и системы дистанционного космического образования и интерактивного обучения, мониторинговые системы для обеспечения безопасности школьного транспорта, зданий и сооружений образовательных учреждений. Результаты космической деятельности могут быть интегрированы в новые учебные курсы, дающие обучающимся представление о современном уровне развития науки и возможностях технических средств по решению актуальных задач социально-экономического развития.

Для решения задач национального проекта "Доступное и комфортное жилье — гражданам России" могут использоваться космические мониторинговые системы оценки состояния зданий и сооружений, системы ресурсосбережения, землепользования, градостроительства и учета недвижимости, построенные на базе космической информации.



ПЕРМИНОВ
Анатолий Николаевич —
руководитель Федераль-
ного космического агент-
ства, доктор техн. наук



РАЙКУНОВ
Геннадий Геннадьевич —
генеральный директор
ЦНИИмаш, доктор техн.
наук

Для национального проекта "Развитие агропромышленного комплекса" целесообразно создание систем мониторинга и управления сельским хозяйством на базе информации дистанционного зондирования Земли из космоса и возможностей космических навигационных систем.

Наконец, эффективность реализации всех приоритетных проектов будет повышена при внедрении современных геоинформационных систем, основанных на получаемой из космоса информации и использовании систем мониторинга и управления различными видами транспорта.

Таким образом, современная космическая деятельность все теснее интегрируется с национальной экономикой, безусловно, сохраняя при этом свою роль одного из ключевых факторов в обеспечении обороноспособности и безопасности государства. В рамках Федеральной космической программы России на 2006–2015 гг., федеральной целевой программы "Глобальная навигационная система" создаются и эксплуатируются космические средства, обеспечивающие получение информации дистанционного зондирования Земли, формирование каналов связи и глобального навигационного поля, проведение пилотируемых космических полетов и фундаментальных космических исследований.

Основные направления в области изучения, освоения и использования космического пространства, а также пути их реализации определяются принятым в апреле 2008 г. документом общегосударственного уровня "Основы политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2020 года и дальнейшую перспективу". В соответствии с этим документом основными целями космической деятельности России являются обеспечение гарантированного и независимого соблюдения государственных интересов Российской Федерации в космосе, подготовка научно-технических, технологических и иных условий для осуществления масштабных космических проектов, а также расширение участия России в мировом рынке космических услуг с выходом на одно из ведущих мест по их реализации.

Выступая на заседании Совета Безопасности 11 апреля, В.В. Путин выделил ряд конкретных задач, на решение которых сегодня направлены наши основные усилия.

Одно из главных направлений работы Роскосмоса и всей космической отрасли в 2008 г. — принятие основных решений по строительству космодрома Восточный в Амурской области и начало его сооружения. В печати уже неоднократно приводились весомые доводы в пользу создания нового российского космо-

дрома. Отметим главное. Сегодня обеспечение независимости российской космической деятельности требует создания нового пускового центра на своей территории. В свою очередь, развертывание современных высокотехнологичных комплексов на территории Дальнего Востока послужит весомым вкладом в развитие соответствующих российских регионов.

Уже через 7–8 лет стартовые комплексы нового российского космодрома должны быть готовы к запускам всех видов отечественных автоматических космических аппаратов социально-экономического, научного и двойного назначения. К 2018–2020 гг. планируется обеспечить готовность космодрома Восточный к запускам пилотируемых и транспортных кораблей нового поколения. За короткое время предстоит проложить все необходимые транспортные артерии — воздушные, железнодорожные, шоссейные — построить жилой комплекс, испытательные и стартовые сооружения. И все это должно базироваться на современных архитектурных и технических решениях.

Следующая стратегическая задача космической отрасли — поддержание и дальнейшее развитие глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС. К настоящему времени по этой системе предприятиями отрасли выполнена большая работа. К концу 2008 г. на орбиту будут выведены шесть новых космических аппаратов, что создаст возможности для поддержания орбитальной группировки ГЛОНАСС в полностью работоспособном состоянии. Однако еще предстоит решить много проблем по дальнейшему совершенствованию составляющих этой системы, как спутников, так и наземной инфраструктуры.

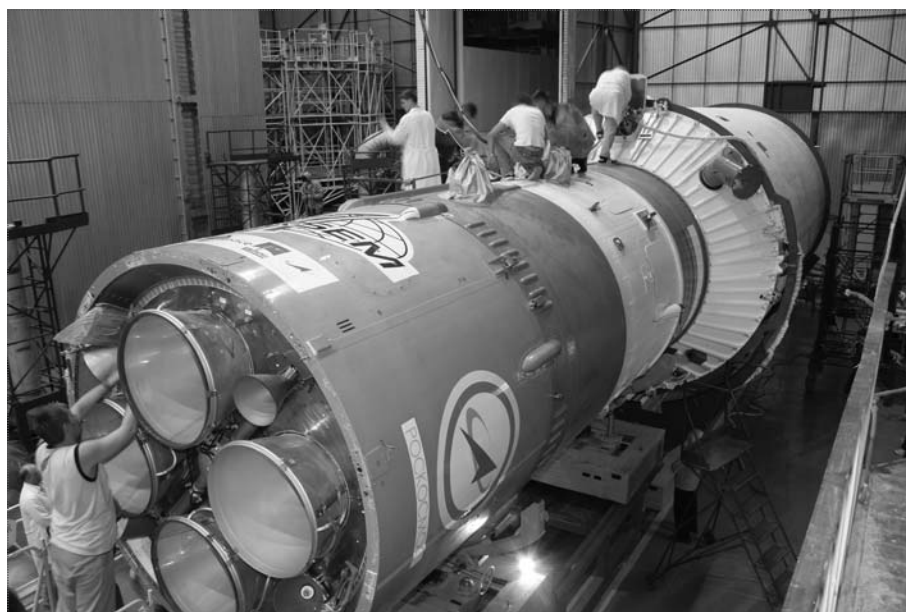
Постановлением Правительства РФ № 323 от 30 апреля 2008 г. утверждено Положение о полномочиях федеральных органов исполнительной власти по поддержанию, развитию и использованию глобальной навигационной спутниковой системы в интересах обеспечения обороны и безопасности государства, социально-экономического развития Российской Федерации и расширения международного сотрудничества, а также в научных целях. В соответствии с утвержденным положением на Федеральное космическое агентство возложена ответственность за координацию работ по поддержанию, развитию и использованию ГЛОНАСС, а также комплекса средств для обеспечения пользователей ГЛОНАСС дополнительной информацией в интересах гражданских, в том числе коммерческих потребителей, и в целях расширения международного сотрудничества Российской Федерации.

Дальнейшее развитие ГЛОНАСС, как и ряда других прикладных космических систем, обеспечиваю-

щих пользователей информацией и услугами связи, дистанционного зондирования Земли, поиска и спасания, должно осуществляться параллельно с развитием рынка космических товаров и услуг, информирования и "просвещения" пользователей. 29 марта 2007 г. в Калуге под руководством Президента России состоялось специальное заседание президиума Госсовета Российской Федерации, посвященное вопросам использования результатов космической деятельности. Одним из главных результатов этого представительного форума, объединившего руководителей российских регионов и представителей ракетно-космической отрасли, стало подтвержденное поручением

Президента решение о том, что в дополнение к реализуемой сегодня Федеральной космической программе будет формироваться новая федеральная целевая программа, направленная на обеспечение использования результатов космической деятельности. В рамках новой программы будут создаваться пользовательская аппаратура, информационные центры для пользователей, будут реализовываться пилотные проекты в российских регионах — по этому направлению в настоящее время активно работают в Татарстане, в Калужской, Московской, Иркутской, Ярославской областях, в Южном федеральном округе. Предстоит в сжатые сроки решить задачу создания предприятий-операторов, которые бы напрямую работали с потребителями космических данных и услуг. Данное направление остается для нас приоритетным. Немалый вклад в эту деятельность могут внести ее коммерческие участники в рамках государственно-частного партнерства.

Следующее приоритетное направление — международное сотрудничество и активное освоение нашей страной мирового рынка космических товаров и услуг. Сегодня Россия — участник многих международных космических проектов и программ, в их числе Международная космическая станция, Морской старт, Международная система поиска и спасания "Коспас—Сарсат", проект "Союз" в Гвианском космическом центре и др. Традиционно четкое исполнение Россией своих международных обязательств в области космоса способствует укреплению престижа на-



Сборка головного блока ракеты-носителя "Союз"

шей страны как надежного партнера в международных делах, как одного из лидеров мирового научно-технического прогресса. Все это имеет большое положительное значение для дальнейшего роста сотрудничества как в широкой международной кооперации, так и с отдельными странами, финансовыми структурами, корпорациями и аэрокосмическими агентствами.

В этой важнейшей области деятельности перед ракетно-космической отраслью стоит задача дополнительно к предоставлению услуг по выведению космических аппаратов (КА) иностранных государств эффективно работать над созданием КА, функции которых могут быть востребованы другими странами. Работы в этом направлении нами уже ведутся. Например, уже 15 лет успешно сотрудничают при создании КА связи российское ОАО "Информационные спутниковые системы" (ИСС) им. академика М.Ф. Решетнева (бывшее НПО ПМ им. М.Ф. Решетнева) и европейская компания Thales Alenia Space. Начав с установки европейского связанного и служебного оборудования на спутники, создаваемые в ОАО ИСС для российских и зарубежных заказчиков, сегодня два ведущих производителя космической техники предлагают совместное решение на базе тяжелой спутниковой платформы "Экспресс-4000", использующее как наработки российских конструкторов, так и многолетний опыт производства и эксплуатации прикладных космических аппаратов на базе европейской платформы Spacebus.

Для координации наших работ, их интеграции в общую систему планирования и управления экономи-



Сборка ракеты-носителя "Протон-М" в монтажно-испытательном корпусе космодрома Байконур

О проблемах технологического развития. Для того чтобы Россия оставалась в числе ведущих космических держав мира, необходимы существенное переоснащение предприятий, замена устаревшего станочного парка на высокопроизводительные станки с программным управлением и многопрофильные обрабатывающие центры, переход на новые технологии с использованием новейших материалов. Мы определили для себя ряд ключевых задач по внедрению инноваций, развитию производственной и испытательной базы, базовых и критических технологий ракетно-космической промышленности. К этим задачам относятся:

разработка и освоение перспективных базовых и критических промышленных технологий в областях машиностроения, при-

кой в российской космической отрасли разрабатываются и утверждаются планирующие документы различного уровня. Приняты и действуют Федеральная космическая программа России на 2006–2015 гг., федеральная целевая программа "Глобальная навигационная система", Стратегия развития ракетно-космической промышленности. Ведется активная работа по подготовке новой федеральной целевой программы, направленной на обеспечение использования результатов космической деятельности в интересах регионов России. На базе соответствующих концептуальных положений мы продолжаем разработку планов деятельности на первую половину XXI в. с учетом потребностей национальной экономики, науки и обороны и основных тенденций развития мировой космонавтики.

Для решения стоящих сегодня и прогнозируемых на будущее задач нам необходимо решить ряд существующих в ракетно-космической отрасли проблем. Условно их можно разделить на две основные группы: технологические и институциональные. Первые связаны с развитием производственных и функциональных технологий, вторые — с перспективами отрасли, наземной космической инфраструктуры, складывающейся системой отношений в условиях современной экономики, вопросами нормативно-правового обеспечения.



Ферма обслуживания ракеты-носителя "Протон-М"



Ракета-носитель "Протон-М" на стартовой позиции космодрома Байконур

боростроения и материаловедения, обеспечивающих производство космической техники нового поколения и на новых принципах;

реализация комплекса мероприятий по поддержанию и развитию отечественной экспериментально-испытательной базы для отработки перспективной космической техники и технологий;

создание специального технологического оборудования нового поколения (с программным управлением, автоматизацией мелкосерийного и единичного производства), обеспечивающего сохранение и совершенствование используемых промышленных технологий изготовления и отработки космической техники;

осуществление комплексных мероприятий по техническому переоснащению и реконструкции предприятий промышленности и объектов космической инфраструктуры для обеспечения гарантированного производства и отработки ракетно-космической техники;

обеспечение к 2015 г. ракетно-космической промышленности отечественными радиационно стойки-

ми компонентами элементной базы мирового уровня в необходимом объеме;

освоение технологий создания бортовых стандартов частоты с повышенными характеристиками стабильности, унифицированных модульных элементов съемочных систем с предельно высокой разрешающей способностью, средств межспутниковой связи в оптическом и миллиметровом диапазонах, бортовой аппаратуры цифровой обработки сигналов и информации, бортовых ретрансляционных комплексов с характеристиками мирового уровня, микроэлектромеханических систем, составных телескопов больших диаметров, работающих в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах;

создание ядерных источников энергии для энергообеспечения и транспортно-технического обслуживания лунных и межпланетных экспедиций.

Для технологического развития отрасли в целом сегодня необходима поддержка потенциальных точек роста, внедрение новых эффективных технологий и концептуальных подходов к организации производства и эксплуатации ракетно-космической техники.

Среди таких точек роста можно выделить, например, CALS/ИПИ-технологии поддержки жизненного цикла изделий; в последние годы все большую актуальность приобретают нанотехнологии.

Основная задача в развитии ракетно-космической отрасли как сложной организационно-технической системы — завершение в ближайшие годы ее реформирования путем создания крупных интегрированных структур (корпораций) на базе вертикальной или горизонтальной интеграции. Необходимо также развитие отраслевой инновационной системы, более активное вовлечение в наши работы частного капитала, формирование частно-государственных партнерств. Определенный путь в этом направлении уже пройден. Хороший задел имеется у Российского НИИ космического приборостроения и АФК "Система", которые совместно наметили ряд шагов по привлечению частного сектора к созданию абонентских устройств и предоставлению услуг космической навигации. Активные работы в этом направлении ведет и недавно созданная ассоциация "ГЛОНАСС-Форум".

В условиях перехода на инновационный путь развития всей промышленности страны, производственно-технологической и экспериментальной базы на передний план выходят также проблемы обеспечения космической отрасли инженерно-техническими,

конструкторскими и рабочими кадрами. Особенно это важно при создании перспективной ракетно-космической техники — ракет-носителей и космических аппаратов, систем управления, обработки и распространения информации. Здесь мы успешно взаимодействуем с МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Московским государственным университетом и другими ведущими вузами нашей страны. Но требуется усиливать подготовку кадрового резерва отрасли. В основе кадровой политики должны быть новые подходы, в том числе закрепление кадров по принципу социально мотивированной поддержки.

В настоящее время в России есть все необходимые условия для расширения и углубления космической деятельности, для дальнейшего упрочения наших позиций в освоении космоса. Появляется надежное бюджетное финансирование, которое позволит не только планировать выполнение текущих программ, но и рассматривать долгосрочные перспективные проекты, полезные для дальнейшего развития науки и промышленности нашей страны. Поэтому наиболее актуальная сегодня задача — обеспечить полномасштабную интеграцию космической отрасли в национальную экономику, а космических проектов и программ в общегосударственную систему стратегического планирования и управления развитием.



УДК 629.7

Нанотехнологии в космической технике

А.С. Коротеев, Р.Н. Ризаханов

Обсужден круг задач в космической отрасли, при решении которых методами нанотехнологий может быть достигнут существенный прогресс. Представлен анализ закономерностей наномира, объясняющих эффекты, наблюдаемые при переходе к малоразмерным системам. Предложена структура работ, которая может служить основой для разработки нанотехнологической космической программы.

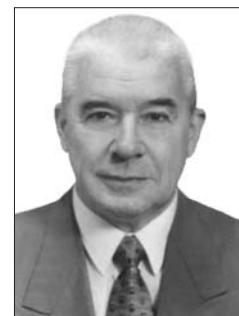
A.S. Koroteyev, R.N. Rizakhanov. Nanotechnology In Space

The article highlights the main items on the agenda of the space industry now, focusing on nanotechnologies as the means to make good progress in solving them. It reviews the fundamental laws of the nano-world, describing and explaining its effects and phenomena, observable when one shifts to miniature-size systems. Moreover, it offers a work list, which can be the fundament for the development of a comprehensive space program.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 2 августа 2007 г. № 498 утверждена федеральная целевая программа (ФЦП) "Развитие инфраструктуры наноиндустрии РФ на 2008–2010 годы" [1]. Целью ФЦП является формирование к 2011 г. конкурентоспособного сектора исследований и разработок в области наноиндустрии для поддержания паритета России с ведущими странами мира по перспективным направлениям науки; кардинальное увеличение объемов производства продукции нанотехнологий. Ставится задача обеспечить выход к 2015 г. профильных российских компаний на мировой рынок высоких технологий. Данное постановление совместно с ранее утвержденными документами ("Концепция развития работ в области нанотехнологий на период до 2010 года" от 18 ноября 2004 г., № МФ-П7-6194; Программа координации работ в области нанотехнологий и наноматериалов в РФ от 25 августа 2006 г., № 1188-р; Президентская инициатива "Стратегия развития наноиндустрии" от 24 апреля 2007 г., № Пр-688) переводит нанотехнологическую программу в статус государственной. На ее реализацию направляются средства, сопоставимые с объемами госбюджетного финансирования таких разработок в развитых странах. В частности, в США на эти цели были направлены 1080 млн дол. в 2005 г., 1300 млн дол. — в 2006 г., 1270 млн дол. — в 2007 г. Создание инфраструктуры позволит реализовать Программу развития наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 г., проект которой был одобрен на заседании Правительства РФ 17 января 2008 г.

Тем же постановлением РФ № 498 утверждена головная научная организация ФЦП (РНЦ "Курчатовский институт"), головные организации по направлениям, а также учебно-образовательные центры нанотехнологий, формируемые в ведущих вузах страны. В частности, головной организацией Роскосмоса по направлению "Функциональные наноматериалы для космической техники" назначено ФГУП "Центр Келдыша". Здесь создается Центр по применению нанотехнологий в энергетике и электроснабжении космических систем.

Иерархия задач космической техники. В космической отрасли, как и в любой другой области производства, существуют глобальные задачи (задачи мегауровня). К ним могут быть отнесены:



КОРОТЕЕВ
Анатолий Сазонович —
директор Исследователь-
ского центра
им. М.В. Келдыша, прези-
дент Российской академии
космонавтики им.
К.Э. Циолковского, акаде-
мик РАН



РИЗАХАНОВ
Рахуждин Насрединович —
начальник отдела нано-
технологий Исследова-
тельского центра
им. М.В. Келдыша,
кандидат физ.-мат. наук

- повышение надежности эксплуатации наземной инфраструктуры;
- усовершенствование средств выведения;
- создание многофункциональных космических аппаратов нового поколения;
- разработка современных эргономичных систем жизнеобеспечения и т.п.

Успешная реализация проектов мегауровня требует решения задач макроуровня, ориентированных на разработку и усовершенствование конкретных структур, являющихся составной частью мегаобъектов. В качестве примеров задач макроуровня можно привести разработку новых приборов, двигательных установок, систем хранения, преобразования и передачи энергии и информации, новых материалов, обладающих улучшенными характеристиками и параметрами, и т.п.

Развитие космической техники в основном связано с эволюционным улучшением свойств макрообъектов, причем по многим параметрам улучшение имеет тенденцию к выходу на насыщение. Ожидается, что переход на нанотехнологии приведет к существенному, революционному изменению свойств объектов.

Нанотехнологии позволяют ставить и решать задачи, манипулируя частицами, структурами с характерными размерами 1–100 нм. Данный подход принципиально изменяет методы формирования материалов, электронных структур в твердом теле, наноразмерных образований. Подобный количественный переход сопровождается качественными изменениями. Появляются возможности существенного улучшения рекордных на сегодняшний день параметров.

В качестве важных задач РКТ макроуровня можно привести следующие:

1. Создание наноматериалов нового поколения:
 - с повышенной прочностью (до 3...4 раза) за счет наноструктурирования (т.е. уменьшения размера зерна до нанометрового уровня). В частности, применение подобных материалов в космической технике позволит существенно увеличить массу полезной нагрузки, выводимой на орбиту;
 - с повышенной (в 2...3 раза) радиационной стойкостью, что способствует увеличению срока активного существования космического аппарата;
 - с высокими теплоизоляционными свойствами (снижение теплопроводности в 30...40 раз путем применения полых наночастиц и др.).
2. Разработка нового класса покрытий:
 - с высокой температуростойкостью (до 2000 К) и термоциклической стойкостью (до 100 циклов нагрев–остывание) за счет многослойности и наноструктурирования;

- алмазных и алмазоподобных покрытий с уникальным сочетанием характеристик (высокая твердость, супертеплопроводность, диэлектрические свойства на уровне лучших изоляторов и т.д.);
- спецпокрытий (износо- и коррозионно-стойких, химически пассивных) и др.

3. Улучшение характеристик энергетической и преобразовательной техники:

- повышение КПД солнечных элементов на кремниевой основе путем применения квантоворазмерных систем либо комплексного применения гетероструктур и концентраторов; ожидаемый уровень КПД – 40...50 %;
- повышение возможностей преобразовательной техники (снижение энергопотребления в сотни раз, увеличение частоты сигнала и стабильности параметров, уменьшение массы в десятки раз) путем перехода от микроэлектроники к нанoeлектронике и использования квантовых эффектов.

4. Создание малоразмерных спутников (массой до 10 кг) на базе разработок нанoeлектроники и компьютерной информатики, способствующих пересмотру концепции вывода и использования космических аппаратов.

5. Разработка сенсоров и датчиков на основе нанотехнологий с уникальными комбинациями характеристик.

Проявления наноразмерных эффектов. Представляет интерес вопрос об обоснованности ожидаемого революционного скачка при переходе к наноразмерным системам. Ниже приведен анализ некоторых эффектов наномира, существенно изменяющих привычные представления и закономерности.

Поверхностные эффекты [2]. По мере уменьшения размеров частиц растет доля α атомов в тонком поверхностном слое ($\alpha \approx R^{-1}$; R – радиус частицы). Зависимость размеров наночастиц и доли в них поверхностных атомов от числа атомов в частице приведена на рис. 1. Доля α становится заметной начиная с $R = 10$ нм, а при дальнейшем уменьшении R влияние поверхностных атомов становится доминирующим. Общеизвестно, что атомы на поверхности отличаются от "объемных", поскольку они взаимодействуют с окружением по-иному. Поверхностные атомы обладают большей энергией, имеют незаполненные химические связи, более подвижны. Все это приводит к изменению условий для фазовых и структурных превращений, явлений переноса, при этом меняются конфигурация электронных облаков и их спектры, удельная теплоемкость и др. В частности, температура плавления от размеров частиц зависит так, как это показано

на рис. 2. Наиболее ярко поверхностный эффект проявляется в нанотрубках и фуллеренах, состоящих, в основном, только из поверхностных частиц.

Поверхностные эффекты проявляются в высокой химической и каталитической активности, сорбционной емкости, реконструкции атомных структур, образовании двойных электрических слоев.

Последний эффект, в частности, используется для создания самоочищающихся покрытий. В их основе лежит водный раствор наночастиц (около 30 нм) инертного вещества (например, SiO_2). Данное покрытие отталкивает воду, многие химикаты, жир, масло, мыло и т.д., устойчиво к трению (в силу сцепления с кремний-содержащей основой), устойчиво к воздействию солнечного света, прозрачно. Его можно нанести на волокна, кремнийсодержащее стекло, солнечные элементы. В последнем случае сохраняются рабочие параметры фотопреобразователей, так как их поверхности, благодаря покрытию, сохраняют чистоту даже в относительно грязной собственной атмосфере космического аппарата. Подобные покрытия имеют большие коммерческие перспективы. В частности, при их нанесении на стекла небоскребов отпадает необходимость в их частой дорогостоящей чистке.

Объемные эффекты [2]. При фазовых превращениях, в частности кристаллизации, большую роль играют образование зародышей новой фазы (центров кристаллизации) и их последующий рост. Следует отметить, что это процессы, особенно в случае переохлажденной жидкости, до сих пор полностью не изучены.

В случае макротела подобных центров много, они разбросаны беспорядочно и хаотично ориентированы. В процессе роста кристаллов атомы переходят через межфазовую границу с изменением химического потенциала. В зонах, где происходит встреча кристаллов, образуются дефекты, дислокации, в которых строение вещества носит неупорядоченный характер. Поэтому макротело и наноразмерный монокристалл имеют сильно отличающиеся свойства — характеристики макротела складываются из усредненных характеристик кристаллов и межкристаллических зон, в то время как наночастица представляет собой упорядоченную структуру.

Данное обстоятельство поясняет причину различия свойств макротел и наночастиц — в последних дефектам размещаться негде. Наночастица близка по структуре к кристаллу (монокристаллическая структура) и имеет более высокую твердость, прочность, предел текучести, при этом изменяются фоновые спектры, работа выхода электронов и др.

Ясно, что макротело, состоящее из наночастиц (наноструктурный материал), должно иметь свойст-

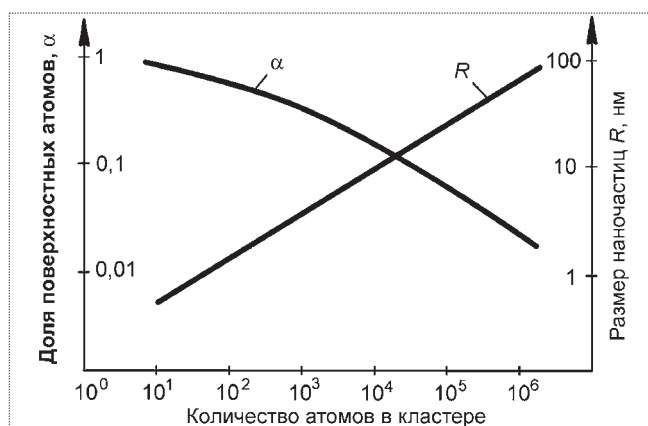


Рис. 1. Зависимость размеров наночастиц R и доли атомов на поверхности α от числа атомов в частице

ва, отличающиеся от такого же тела с крупнозернистой структурой. Убедиться в справедливости этого утверждения можно на примере технологического процесса — интенсивной пластической деформации [3]. Подобную деформацию можно осуществить, например, зажав тонкий образец между двумя пуансонами и вращая в разные стороны один из них (другой пуансон неподвижен). При этом не допускается существенное изменение температуры во избежание фазовых и структурных изменений. В результате интенсивной деформации происходит размельчение зерна материала, повышается прочность и одновременно пластичность материала (рис. 3)

Другой метод изготовления крупногабаритных изделий с нанозернистой структурой — компактирование нанопорошков одним из следующих способов: прессованием, спеканием, горячим прессованием, детонационным прессованием или их комбинация-

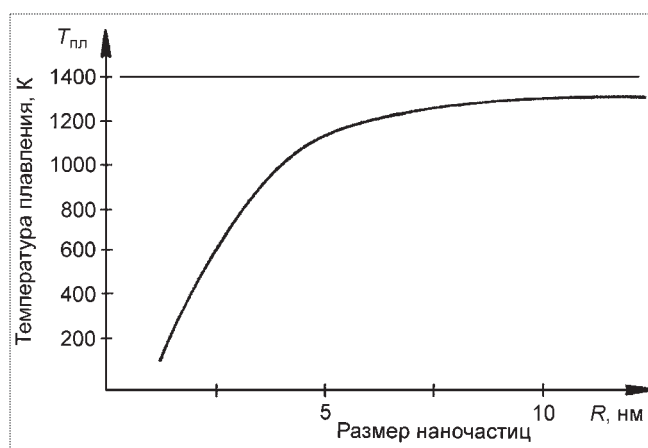


Рис. 2. Зависимость температуры плавления от размеров наночастиц золота

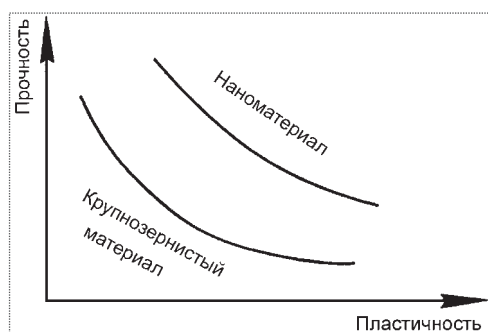


Рис. 3. Зависимость прочности от пластичности при различных структурах материала

ми. Суть компактирования состоит в создании механической связи между частицами нанопорошка без изменения фазовой структуры наночастиц. Характерные условия различных методов компактирования приведены в табл. 1.

Одним из следствий подобных процессов может быть увеличение прочности конструкционных материалов в три-четыре раза. Такая модификация материалов в космической технике позволит существенно снизить массу космических аппаратов и, соответственно, увеличить полезную массу выводимого на орбиту оборудования. Это весьма актуально с учетом современной стоимости вывода полезного груза на уровне 10–15 тыс. дол. США за 1 кг.

Химические эффекты [4]. Исследования термодинамики наночастиц демонстрируют, что размер частицы (или число атомов) является фактором, определяющим вместе с другими термодинамическими переменными состояние системы и ее реакционную способность. Речь не идет о химической и каталитической активности, обусловленной высоким удельным содержанием поверхностных атомов с незамкнутыми связями. Установлено, что химические свойства наночастицы (в данном случае можно говорить о кластере) зависят от числа в ней атомов, причем периодическим образом. Законо-

мерности подобной зависимости удобно анализировать на основе натрия.

Натрий — одновалентный активный металл. Аналогичными свойствами обладают и кластеры Na_3 , Na_9 , Na_{19} . А вот частицы с заполненными электронными оболочками Na_2 , Na_8 , Na_{18} имеют наименьшую активность. Эти кластеры, содержащие валентные электроны в том же количестве, что и гелий, неон и аргон, ведут себя подобно инертным газам. Соответственно, наночастицы Na_7 , Na_{17} относятся к галогеноподобным (одновалентным неметаллическим) структурам.

Условно зависимость химических свойств кластеров от числа атомов представлена на рис. 4. В частности, отсюда следует, что надежность хранения натрия возрастает, если ему придать конфигурацию инертного газа.

В настоящее время предпринимаются попытки создания электронных таблиц кластеров веществ, содержащих разное число атомов, наподобие Периодической системы Менделеева. Если с одновалентными атомами поведение предсказуемо, то наличие на внешней оболочке нескольких электронов с различными конфигурациями (*s*-, *p*-, *d*-типа) делает свойства таких кластеров труднопрогнозируемыми.

Изложенное выше наводит на мысль о создании химически неактивных структур из первоначально агрессивных соединений. В космической технике применяется довольно большой спектр химически активных веществ (компоненты ракетных топлив, ряд охладителей и т.д.). Их модификация в неагрессивное состояние позволяет решить проблему длительного хранения. Непосредственно перед применением восстановление химической активности возможно, например, пропусканием через активизирующие катализаторы или разряды, разрушающие неактивные структуры.

Таблица 1
Методы компактирования

Вид компактирования	Давление, тыс. атм.	Температура, °С	Характерная длительность процесса
Прессование	10–30	0–100	Стационарный
Спекание	0–0,001	1000–2000	Стационарный
Горячее прессование	1–5	1000–1500	Стационарный
Детонационное компактирование (взрыв)	50–1000	Не регламентирована	$10^{-5} \dots 10^{-3}$ с

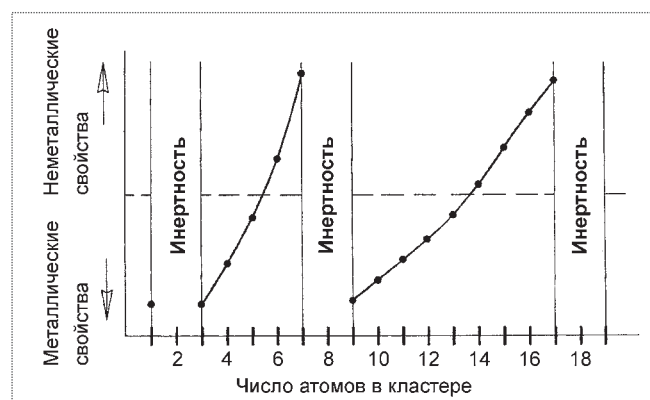


Рис. 4. Химическая активность натрия как функция числа атомов в кластере

Квантовые эффекты. До настоящего времени развитие электроники происходило в соответствии с "законом Мура" — размеры элементов электроники сокращаются вдвое примерно каждые 18 месяцев. Так классическая вакуумная электроника преобразовалась в полупроводниковую, а та в свою очередь — в микроэлектронику. Теперь, по мнению ряда специалистов, наступает время нарушения "закона Мура". Дальнейшее снижение размеров элементов электроники переводит их в область, где перестают выполняться законы классической электродинамики и вступают в силу квантовомеханические эффекты. Это происходит, если размеры частиц R таковы, что расщепление энергетических уровней ΔE сравнивается с тепловой энергией kT или превышает ее ($\Delta E \geq kT$). С учетом соотношения неопределенностей это имеет место при $R \leq \sqrt{2\pi\hbar/\sqrt{mkT}}$, где m — эффективная масса электрона, $\hbar$, k — постоянные Планка и Больцмана соответственно.

Квантование существенным образом изменяет функцию распределения электронов в наноразмерных системах [5]. К последним относятся квантовые точки, проволоки, ямы. Квантовая точка состоит из ограниченного числа атомов, квантовой проволокой называют систему, бесконечную в одном направлении и ограниченную размерами в двух других. Квантовая яма представляет собой тонкую пленку одного вещества между массивными слоями другого.

Искажения электронных спектров в квантоворазмерных системах приводят к изменению оптических, электрических, магнитных свойств материалов.

Одно из таких проявлений — увеличение ширины запрещенной зоны по мере снижения числа атомов в

квантовой точке. Так, арсенид галлия имеет ширину запрещенной зоны 1,52 эВ, квантовая точка, состоящая из 930 атомов, — 2,8 эВ, у такой же точки из 465 атомов — 3,2 эВ. Понятно, что массивы из таких точек будут иметь разные оптические свойства, хотя состоят из одного и того же вещества.

Большие надежды связывают с развитием одно-электронных систем (транзисторов, запоминающих систем), работающих по законам квантовой механики. Их разработки позволят в сотни раз снизить потребление электроэнергии в сравнении с существующим, примерно во столько же раз повысить компактность. Такие поразительные свойства этих систем объясняются использованием в них квантовых эффектов. В частности, переход из состояния "0" в состояние "1" фиксируется изменением состояния электрона (например, спина), в то время как в существующих системах для этого осуществляется перенос 100 тысяч электронов сквозь электронный элемент. Не следует опасаться дальнейшего уменьшения размеров нанозадач, а наоборот, надо пользоваться дополнительными возможностями наномира.

Выше рассмотрены эффекты, играющие доминирующую роль при переходе к наноразмерным объектам. Вне анализа остались магнитные, оптические, структурные и другие эффекты и их модификации в наномире. Но уже из изложенного очевидно, что нанобъекты не подпадают ни под законы макромира, ни под законы квантовой механики. Они существуют по своим законам. И познание последних открывает широкие возможности по разработке новых высоких технологий.

Структура наноисследований для космической отрасли. Макрозадачи космической техники, как ука-

Таблица 2

Направления работ в области нанотехнологий в ракетно-космической промышленности

Энергетика	Покрытия	Электроника	Датчики и сенсоры
Солнечные элементы	Антикоррозионные	Квантово-размерные структуры	Электромагнитные датчики
Термоэлектрические элементы	Радиопоглощающие	Активные элементы	ИК-датчики
Ядерные установки	Нецапающие	Кремниевая электроника	Оптические датчики
Водородные элементы	Сверхтвердые	Электроника на нанотрубках	Радиационные датчики
Выработка и хранение	Теплоотражающие	Молекулярная электроника	Видеосенсоры
Батареи и аккумуляторы	Самоочищающиеся	Одноэлектроника	Акустические датчики
Системы экономии энергии	Гидрофильные	Спинтроника	Газовые датчики
Преобразователи	Гидрофобные	Квантовая электроника	Электронный нос
ВТСП (высокотемпературная сверхпроводимость)	Трибологические	Перестраиваемые лазеры	Навигационные датчики
	Теплозащитные		Акселерометры
			Гироскопы
			Гравитационные датчики

Топлива	Фотоника	Объемные материалы	Порошки	Жидкости
Нанокompозитные топлива	Волноводы	Наноструктурированные сплавы	Нановолокна	Ферромагнитные жидкости
Нанокатализаторы фазового перехода	Оптические фильтры	Нанопористые материалы	Наночастицы керамики	Электроуправляемые жидкости
Нанокатализаторы сгорания	Переходные устройства	Беспористые наноматериалы	Наночастицы металлов	Наногели
	Модуляторы	Нанокompозиты	Нанотрубки	Клеи
	Светящиеся органические молекулы	Нанокерамика	Фуллерены	Реологические жидкости

зывалось выше, могут решаться как на базе традиционных технологий, так и применением нанотехнологий. Основные направления работ для решения макрозадач могут быть следующими: объемные материалы, покрытия, жидкости, энергетика, электроника, фотоника, ракетные топлива, датчики и сенсоры, порошки и др. Каждое из этих направлений в свою очередь может быть разбито на подзадачи микроуровня, решение которых возможно нанотехнологическими методами. С позиций сегодняшнего дня структура работ имеет вид, представленный в табл. 2.

Каждая задача микроуровня может быть в свою очередь разбита на ряд задач более глубокого уровня, характеризующихся большей конкретикой. Подобная процедура приведет в конечном итоге к фундаментальным проблемам, которые являются общими для всех отраслей. С этих позиций рассматриваемый подход мо-

жет быть полезен и для других отраслей (авиационной, атомной, машиностроительной и др.).

Представленный материал следует рассматривать в качестве первого приближения формирования космической программы в области нанотехнологий. Конкретное наполнение каждой подзадачи, выбор перспективных направлений должны быть согласованы с предприятиями отрасли исходя из реальных задач.

Список литературы

1. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 2.08.07 № 498.
2. **Головин Ю.И.** Введение в нанотехнику. М.: Машиностроение. 2007 г.
3. **Валиев Р.З.** Создание наноструктурных металлов и сплавов с уникальными свойствами, используя интенсивные пластические деформации // Российские нанотехнологии. 2006. Т. 1. С. 208–216.
4. **Сергеев Г.Б.** Нанохимия. М.: КДУ. 2006.
5. **Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А.** Основы нанoeлектроники. М.: Физматкнига. 2006.

На с поздравляют

Глубокоуважаемый Лев Абравович!

Руководство Государственного научно-производственного ракетно-космического центра "ЦСКБ—Прогресс" сердечно поздравляет Вас, редколлегию, редсовет, редакцию Общероссийского научно-технического журнала "Полет" с юбилеем.

С первых номеров журнал занял и на протяжении 10 лет удерживает лидирующие позиции по освещению научных и прикладных исследований в области авиации, ракетной техники, космонавтики и стал одним из рейтинговых журналов. Журнал "Полет" можно сравнить с планетой, которая притягивает внимание лучших представителей российской науки — ученых, конструкторов, испытателей летательных аппаратов.

Широчайший тематический диапазон журнала делает его одним из востребованных изданий. Залог вашего успеха — в высоком профессионализме сотрудников редакции.

От всей души желаем редакции и авторскому коллективу творческого горения, чтобы журнал "Полет" продолжал свое восхождение к новым вершинам.

Пусть продолжается "Полет".

Генеральный директор ГНП РКЦ "ЦСКБ—Прогресс"
А.Н. КИРИЛИН

УДК 629.7

Проект создания нового поколения интегрированной модульной авионики с открытой архитектурой

Е.А. Федосов



ФЕДОСОВ
Евгений Александрович —
научный руководитель
ФГУП "ГосНИИАС",
академик РАН

В настоящее время в связи с бурным ростом функций управления самолетом на различных режимах его полета происходят кардинальные изменения в области разработки авиационного оборудования (авионики). Повышаются требования к безопасности полета, усложняется структура управления воздушным движением и т.д. В результате происходит усложнение комплекса авионики. Одновременно достаточно быстро идет технологическое развитие технических средств оборудования — в первую очередь вычислительного ядра. Поэтому появилось понятие интегрированной модульной авионики (ИМА).

В статье освещены научно-технические и организационные вопросы проекта ИМА с открытой архитектурой в Российской Федерации.

E.A. Fedosov. Project On New-Generation Open Architecture Integrated Modular Avionics Development

A real boom has been observed in the avionics sector of late, sparked by the tremendous change in the role, played by the airborne equipment in controlling the aircraft in different flight modes now. Indeed, flight safety requirements are becoming tougher, and the air traffic control is getting increasingly intricate, which results in more advanced and complicated avionics. The processes are in parallel with the rapid development of technological components, primarily core-processors. All these in summary give rise to the advent of an entirely new kind of an airborne system — integrated modular avionics (IMA).

The article spotlights the key scientific, technological and organizational issues of an open-architecture IMA project in Russia.

Архитектура авионики до настоящего времени строилась на принципах централизованно-федеративной структуры, когда отдельные функции управления реализуются в самостоятельных приборных системах с единым индикационным полем кабины экипажа и органах управления с помощью вычислителя, выполняющего ряд системных интегрирующих функций.

Недостатками централизованно-федеративной структуры являются:

отсутствие унифицированных конструкторских решений на отдельные электронные блоки, входящие в состав федеративных систем;

программное обеспечение (ПО) структуры неразрывно связано с конструкцией вычислителей. Законченным продуктом является вычислитель с программой. Тем самым ПО не может иметь качество законченного продукта и еще раз использоваться в последующих модификациях и для наращивания дополнительных функций без повторной верификации и валидации;

электронная компонентная база стареет и требует замены в процессе жизненного цикла;

системная интеграция — уникальный процесс и сложно поддается автоматизации.

Сертификация — длительный и дорогой процесс;

стандартизацией охвачены только общесистемные интерфейсы и шины.

Таким образом, электронный "борт" каждого самолета представляет собой уникальный продукт, требующий сложных технологий системной интеграции. Нара-

щивание управляющих функций влечет за собой повторение процессов системной интеграции и сертификации системы в целом. Всякое аппаратное изменение и смена электронной компонентной базы требует повторения технологий системной интеграции и сертификации системы в целом. Следствием такой архитектуры является существенное удорожание всего "борта" электроники.

В Российской Федерации с 2004 г. разрабатывается проект создания нового поколения интегрированной модульной авионики (ИМА) с открытой архитектурой. На начальной стадии проекта проводилась научно-исследовательская работа "Интегрированная модульная авионика", на завершающей стадии — научно-исследовательская работа "Конструктор комплекса бортового оборудования". Заказчиком проекта является Федеральное агентство по промышленности. Головной исполнитель и координатор проекта — ФГУП "ГосНИИАС". В проекте принимают участие основные предприятия авиаприборостроения РФ.

Основу проекта составляет архитектура комплексов бортового оборудования (КБО) широкого класса летательных аппаратов (ЛА), перспективные системные наработки в области аппаратных и программных платформ и создаваемая на основе самых передовых технологий элементная база.

При создании нового поколения ИМА следует выделить два основных аспекта: технический и организационный.

К техническому аспекту проекта относятся:

открытая архитектура, базирующаяся на более частом использовании стандартизованных или общепринятых в мире технических решений и системных наработок, создании серии опережающих стандартов, поддерживающих высокий уровень унификации аппаратных и программных средств. Стандартные решения лежат в основе демонополизации проекта при широкой проектной интеграции предприятия и территориально распределенной технологии организации работ;

мультифункциональность интегрированной вычислительной системы (ИВС), означающая решение наибольшего числа функций КБО самолета на одних и тех же аппаратных платформах вычислительного ядра, реализованного на элементной базе, обладающей предельно высоким техническим уровнем. Практическое выполнение этого постулата позволяет принципиально разделить разработчиков аппаратных и программных платформ и создать рынков программных продуктов;

крейгово-модульное стандартизованное исполнение ИВС, реализующее применение в качестве быст-

росменного в эксплуатации элемента аппаратуры вычислительного ядра, стандартного модуля и унифицированных интерфейсных вставок;

применение высокоинтегрированных сред разработки функционального ПО, обеспечивающих поддержку российской и иностранной квалификации программных продуктов;

создание унифицированного интерфейса "экипаж—оборудование кабины".

Организационный аспект проекта предполагает: перераспределение между самолетостроительными и авиаприборостроительными КБ функций, касающихся системной интеграции, связанной с применением концепции "ИМА" и "Конструктора КБО";

проектную интеграцию основных предприятий авиаприборостроения на базе современных технологий и системных наработок;

гармонизацию процессов разработки КБО с международными нормами для создания смешанных комплексов авионики, включающих отечественные и зарубежные элементы;

нейтрализацию эффекта дезунификации оборудования на разные типы самолетов и монополизацию разработок, приводящую к постоянному росту цен и низкой серийности производства.

Основные положения технического и организационного аспектов проекта чрезвычайно важны. Игнорирование любого из них, так же как и чрезмерное гипертрофирование, может привести к серьезным ошибкам.

Открытая архитектура — это, прежде всего, взаимозаменяемость комплектующих, разработанных разными производителями. Взаимозаменяемость обеспечивает существенное снижение стоимости комплектующих за счет конкуренции производителей.

Инструментом открытой архитектуры следует считать стандартизацию. Под стандартизацией понимают создание и использование не только государственных стандартов, но и общепринятых технических решений, которые базируются на корпоративных стандартах и/или генерируются мощным производителем. Именно на базе этого инструмента родились COTS-технологии. При решении проблемы стандартизации чрезвычайно важно оперативно проводить изменения стандартов по результатам новых исследований.

Рост технического уровня микропроцессоров позволил кардинально изменить архитектуру ИВС и перейти от идеи "система — одна функция" к мультифункциональной структуре "много функций в одном вычислительном ядре". Технически проще решить такую проблему, если разделить аппаратные и



Рис. 1. Крейтово-модульное исполнение ИВС

программные платформы, т.е. сделать их независимыми от вычислительного ядра. Практически интеграция функций, которые ранее воспринимались как интеграция систем, сводится в новом поколении КБО к созданию базы данных функций и сигналов, а также коммуникатора функций на программном уровне.

Открытая архитектура, multifunctionality и модульность создают возможность реализации интегрируемой и модифицируемой структуры КБО с существенно меньшими затратами.

Основная идея проекта "Конструктор КБО" – это синтез КБО из унифицированных аппаратных и программных модулей (рис. 1).

К основным унифицированным комплектующим следует отнести: базовую несущую конструкцию крейта, процессорный модуль общего назначения, модуль сетевого коммутатора, модуль концентратора сигналов, модуль оптического/электрического конвертора, модуль электропитания, индикаторы с графическими процессорами и индикационные панели.

В качестве аппаратных компонентов, входящих в состав комплектующих вычислительного ядра (рис. 2), определены базовая несущая конструкция сменного модуля, мезонины (графического контроллера, массовой памяти и ввода/вывода). В настоящее время существует широкий набор стандартов, поддерживающих аппаратные модули, в первую очередь это МЭК 297-3-89 и VITA46,48.

Доминирующими тенденциями при создании современных микропроцессоров (МП) следует считать: повышение тактовой частоты работы микросхемы, совершенствование архитектуры МП путем использования суперскалярной организации, обеспечивающей выполнение нескольких операций в одном такте работы схемы, включение в структуру МП интерфейсов различного профиля, практическую реализацию МП на основе технологии "система на кристалле", обеспечивающей совмещение средств обработки, хранения и передачи информации, работу с коммерческими операционными системами реального времени (ОСРВ), ориентированными на использование в авионике.

Именно эти компоненты следует считать решающими при выборе МП. Особенно следует подчеркнуть стремление фирм – разработчиков МП к сертификации разработок, что при прочих равных условиях обеспечивает этим фирмам определенные преимущества. Наиболее продвинутыми в этом направлении являются МП Power PC, именно эти модели МП сертифицированы для авиационного применения.

В современных условиях при создании нового поколения КБО на основе открытой архитектуры все большее значение приобретают средства информационного обмена. Мировые авиастроительные корпорации в этом случае идут по пути использования в авионике хорошо отработанных коммерческих технологий информационного обмена, перехода к сетевой организации передачи информации, обес-



Рис. 2. Аппаратные компоненты, входящие в состав комплектующих вычислительного ядра

печивающей высокую гибкость и удобство информационного обмена, повышения полезной пропускной способности каналов связи, решения вопросов унификации средств передачи информации, стандартизации протоколов обмена, сертификации аппаратных и программных модулей. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют технологии Fibre Channel и EDX/ARINC 664.

Переход к мультифункциональности привел к изменению процессов интеграции КБО. Изменилось соотношение в объемах работ по интеграции аппаратных и программных средств. Фактически совокупность функционального ПО федеративных систем превратилось в аналогичное ПО комплексов бортового оборудования. В связи с этим изменилась также роль поставщиков оборудования. Интегратором функционального ПО становится самолетостроительное предприятие. Источником интеграции является база данных функций и сигналов, а средством реализации — коммуникатор функций (рис. 3–5).

Технология интеграции функционального ПО в соответствии со стандартом ARINC-653 обеспечивает возможность объединения программных продуктов разных поставщиков в единый комплекс. Это позволяет резко сократить стоимость разработки, минимизировать длительность создания проекта и повысить

уровень качества разработанных программ. Стандарт ARINC-653 предъявляет ряд требований к программным продуктам проекта. Так, разрабатываемое и повторно используемое функциональное ПО (ФПО) должно соответствовать требованиям стандарта DO-178B.

В настоящее время в рамках RTSA Special Committee 200 (SC-200) и EUROCAE Working Group 60 (WG-60) готовится проект стандарта по формализации концепции ИМА "Integrated Modular Avionics Development Guidelines and Certification Considerations".

В рамках концепции ИМА используются модульные системы с распределением ресурсов. Их центральная часть состоит из небольшого числа компьютеров, которые выполняют все функции управления, контроля и обработки информации. В данном случае термин "интегрированная" понимается как разделение ресурсов — процессоров, памяти коммуникационных шин, источников ввода/вывода, электропитания между несколькими блоками.

Важную роль в успешной реализации концепции ИМА играет ФПО, в том числе ОСРВ, к которым предъявляются чрезвычайно высокие требования, а именно:

удовлетворение условиям жесткого реального времени (детерминизму при различных нагрузках на

КБО), необходимым в ответственных приложениях и системах повышенной готовности;

обеспечение высокой степени "живучести" системы, чтобы при отказе какой-либо части ФПО другая его часть продолжала нормально функционировать, т.е. ОСПВ должна гарантировать отсутствие общего отказа КБО;

удовлетворение жестким требованиям по уровню качества ФПО, что подразумевает соответствие различным национальным и международным стандартам (особенностью требований к ОСПВ для авионики следует считать то обстоятельство, что функциональное ПО должно иметь доказанный уровень качества);

удовлетворение требований по уровню надежности (вероятность сбоя функционального ПО должна быть минимальной);

удовлетворение требований по безопасности данных (в системе должны быть предусмотрены средства защиты наиболее важной информации);

соответствие требованиям стандартов POSIX, ARINC 653, DO-178B, DO-254, DO-248B.

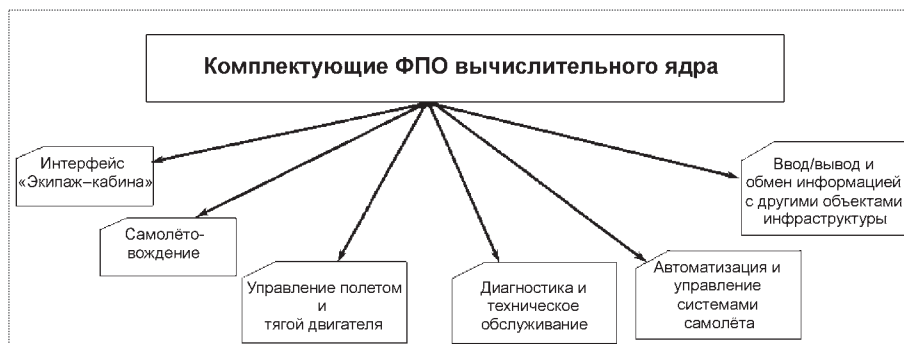


Рис. 3. Типы унифицированных комплектующих ФПО вычислительного ядра

Наиболее полно этим требованиям соответствуют следующие ОСПВ: Lynx OS-178 фирмы *Linux Works*, Integrity-178D фирмы *Green Hills*, VxWorks AE-653 фирмы *Wind River*.

Обеспечение этих требований позволяет сертифицировать функциональное ПО вне аппаратных платформ, экономя инженерные ресурсы, время и стоимость разработки. Следует также отметить использование ОСПВ в реальных проектах. Так, ОСПВ Lynx OS-178 применяется в самолетах F-35, беспилотных ЛА, KC-135; ОСПВ Integrity-178B — в самолетах F-35, B-787, B-1B, A-380; VxWorks AE-653 — в B-787, A-400M, A-330MRTT, X-47B.



Рис. 4. Решение задачи создания комплектующего ФПО на примере функции самолётовождения

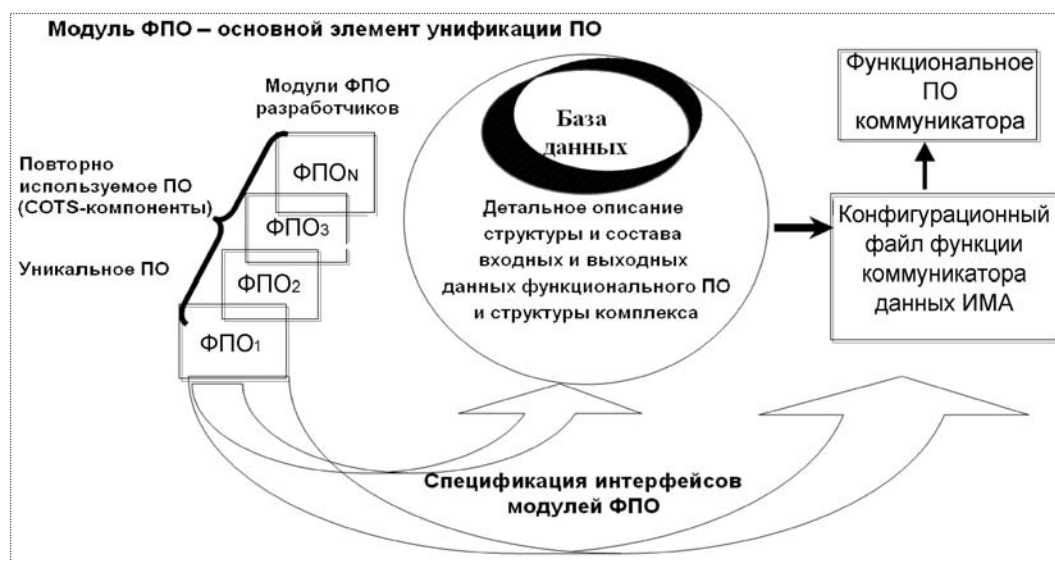


Рис. 5. Технология интеграции ФПО разных поставщиков. Коммуникатор функциональных приложений

В декабре 2004 г. Федеральная авиационная ассоциация (FAA, США) опубликовала документ "Advisory Circular AC 20-148. Reusable Software Components" (RSC), в котором изложен новый подход к проблеме сертификации функционального ПО для авионики. Там вводится новое понятие – "функциональное ПО многократного использования". Такое ПО должно пройти процедуру сертификации по более высоким требованиям.

Вместе с тем получение от FAA "RSC-сертификата" в последующем разрешает пользователю больше не сертифицировать "RSC-компоненты". Применительно к операционной системе такими потенциальными "RSC-составляющими" могут быть ядро, библиотеки, сетевые протоколы. Кроме того, если раньше сертификация ПО допускалась только в составе аппаратных средств, то методология AC 20-148 позволяет сертифицировать ПО вне аппаратных платформ. Такой подход дает системным интеграторам значительное сокращение времени и стоимости разработки новых авиационных систем.

Для создания качественного, надежного и безопасного ПО, которое может быть сертифицировано Авиарегистром МАК и FAA, предлагается сквозная технология проектирования в соответствии со стандартами DO-178B и KT-178B. Эта технология включает ряд последовательно выполняемых процессов разработки ПО (определение системных требований, определение требований к ПО, генерация исходных текстов ПО, интеграция ПО с аппаратурой, валидация системы) и параллельно с ними выполняемых интегральных процессов (верификация, обеспечение

качества, управление конфигурацией, документирование).

Стандарты DO-178B и KT-178B описывают требования к разработке ПО, т.е. сертифицируется не сам конечный программный продукт, а технологический процесс его создания. Это объясняется следующими причинами.

Во-первых, оценить уровень безошибочности, надежности, качества и соответствие функциональным требованиям конечного программного продукта только путем его тестирования не только дорого и сложно, но зачастую просто невозможно.

Во-вторых, устранение ошибок функционального ПО после завершения его разработки требует значительно больших затрат, чем использование технологии предотвращения ошибок на начальных стадиях и сдерживания распространения их влияния на последующие этапы разработки.

Существенным фактором повышения уровня качества функционального ПО и сокращения сроков его разработки является использование автоматизированных инструментальных средств для поддержки процессов создания такого ПО. Принципиально могут использоваться любые методы и средства, удовлетворяющие требованиям стандарта DO-178B, однако эти средства должны быть аттестованы в соответствии с требованиями, которые предъявляются к разработке функционального ПО.

Так, программный комплекс SCADÉ фирмы *Esterel Technologies*, включающий генератор отчетов SCADÉ Reporter и квалифицированный по стандарту DO-178B генератор программного кода на языке C "SCADÉ KCG", предназначен для разработки безопасного встроенного ПО.

Программный комплекс SCADE соответствует жестким стандартам и нормативам, таким как стандарт RTCA DO-178B и EUROCAE ED-12B уровней "A", "B", "C", а также промышленному стандарту IEC 61508. Все представленные процессы создания функционального ПО либо выполняются непосредственно в SCADE, либо обеспечиваются с его помощью.

Внедрение в КБО концепции ИМА существенно изменяет используемые технологии разработки, отработки и сертификации аппаратных и программных платформ. Из-за снижения номенклатуры комплектующих, связанного с их унификацией при тех же ресурсах, может быть повышен уровень разработки и отработки КБО.

Развитие множества функциональных приложений, каждое из которых может быть оформлено как COTS-продукт, предполагает возможность и многократность (как повторно используемое ПО) из независимой интеграции в ИВС с открытой архитектурой. Взаимодействие приложений между собой и ОСПВ в такой среде обеспечивается с помощью универсального интерфейса AREX по протоколу ARINC 653.

С точки зрения пользователя ARINC 653 представляет собой спецификацию интерфейса APEX (Application Executive). При этом ARINC 653 не определяет, как именно должен быть реализован этот ин-

терфейс. Например, некоторые поставщики программных продуктов реализуют диспетчеризацию (в соответствии с их "адаптацией" ARINC 653) с помощью одноуровневого диспетчера, другие — с помощью двухуровневого диспетчера: первый управляет разделами, а второй — процессами внутри каждого раздела. Такая ситуация с поддержкой ARINC 653 влечет за собой значительные трудности при сертификации программных продуктов, соответствующих только ARINC 653, поскольку один и тот же API может отображаться на различные подходы к реализации. Как следствие, появилось множество сильно отличающихся ОСПВ, которые, однако, соответствуют спецификации ARINC 653.

Разработанная в ФГУП "ГосНИИАС" модульная, наращиваемая виртуальная среда прототипирования авионики с демонстратором унифицированной кабины самолета позволяет проводить как отработку функциональных приложений по отдельности, так и их интеграцию, в том числе исследование новых функций унифицированной кабины, таких как новые виды отображения и альтернативные способы управления (рис. 6).

В результате реализации проекта будут получены следующие научные результаты:



Рис. 6. Виртуальное прототипирование

- созданы универсальный полный набор протестированных образцов унифицированных комплектующих ИВС КБО, а также общедоступная для предприятий промышленности научно-техническая документация (НТД), сопровождающая эти образцы. НТД предназначена для демонополизации разработки и производства комплектующих; при этом снизится их стоимость (до рыночной) и уменьшатся риски для производителей самолетов;
- проведены работы для адаптации периферийного оборудования под технологии открытой архитектуры;
- решены задачи координации усилий с участниками программы SCARLETT (это совместный проект 39 европейских авиаприборостроительных фирм, в их число входит и ГосНИИАС), гармонизации процессов разработки оборудования с междуна-

родными нормами для выхода российского оборудования на мировой рынок и создания смешанных комплексов КБО из российского и импортного оборудования;

- решена задача создания унифицированного интерфейса "экипаж—оборудование кабины" и завершено решение организационных проблем проектной интеграции предприятий авиаприборостроения и перераспределения функций между самолетостроительными и приборостроительными КБ в части системной интеграции.

В результате будет получен новый технический и технологический уровень авионики, который характеризуется объединением усилий различных разработчиков на основе набора открытых стандартов; снижением стоимости рисков и упрощением модернизации в процессе жизненного цикла; сокращением сроков, стоимости и требуемых ресурсов на разработку КБО, а также существенным повышением качества.

Нас поздравляют

Главному редактору литературы
по авиации, ракетной технике
и космонавтике
ОАО "Издательство "Машиностроение"
Л.А. Гильбергу

Уважаемый Лев Абрамович!

Профессорско-преподавательский состав старейшего ведущего технического вуза страны — Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана искренне поздравляет коллектив редакции Общероссийского научно-технического журнала "Полет" с 10-летним юбилеем и желает дальнейших успехов в его деятельности.

Все годы существования журнала мы активно и плодотворно сотрудничаем с Вами, свидетельством чему является высокий уровень представительства сотрудников МГТУ им. Н.Э. Баумана в составе редакционной коллегии и редакционного совета, значительное число публикаций ученых университета на страницах журнала.

Трудно переоценить роль журнала в освещении актуальных проблем авиационной и ракетно-космической техники, научных и прикладных исследований в данной области, а также в деле подготовки научных кадров высшей квалификации как издания, рекомендованного ВАК РФ для публикаций трудов соискателей ученых степеней.

На страницах журнала нашли отражение юбилейные научные мероприятия нашего вуза, за что хотелось бы выразить отдельную благодарность. Широчайший тематический диапазон журнала способствовал достижению им высокого рейтинга, сделал журнал исключительно востребованным изданием.

От всей души желаем коллективу возглавляемой Вами редакции дальнейших достижений и творческого долголетия.

Ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана академик РАН
И.Б. ФЕДОРОВ

УДК 629.7

Самолет МС-21 – главное направление работы Корпорации "Иркут" и ОКБ им. А.С. Яковлева в XXI веке

О.Ф. Демченко



ДЕМЧЕНКО
Олег Федорович – президент НПК "Иркут", генеральный директор – генеральный конструктор ОАО "ОКБ им. А.С. Яковлева", действительный член Академии наук авиации и воздухоплавания, кандидат экон. наук

Рассмотрены вопросы, связанные с созданием семейства ближне-средних магистральных самолетов МС-21. Приведено краткое описание самолетов семейства и рассмотрены основные принципы, положенные в основу их разработки. Показано, как обеспечивается конкурентоспособность самолетов МС-21 в сравнении с перспективными зарубежными аналогами.

O.F. Demchenko. MS-21 Aircraft: Irkut Corp, JSC Yakovlev Design Bureau's Main Priority In 21st Century

The article scrutinizes the issues pertaining to the development of MS-21 intermediate-haul airliners, giving a brief review of the aircraft family and describing the main principles of its development. Moreover, it highlights the ways to maintain aircraft's competitiveness against future foreign rivals.

Корпорация "Иркут" и ОКБ им. А.С. Яковлева приступили к реализации программы создания семейства ближне-средних магистральных самолетов МС-21. Эти самолеты необходимы для обновления авиационного парка России и, кроме того, должны обеспечить выход нашей авиационной промышленности на мировой рынок в качестве полноправного участника. В связи с важностью и масштабностью программы, а также необходимостью обеспечения высочайшей конкурентоспособности на международном рынке самолетов нового поколения в работе над проектом используется богатейший опыт и научно-технический задел ведущих научно-исследовательских и проектных организаций авиационной промышленности России. В разработке конструкции самолетов МС-21 также будут участвовать ОАО "Корпорация "Сухой" и ОАО "Туполев". Кроме того, рассматривается возможность привлечения иностранных разработчиков и поставщиков комплектующих изделий, обладающих новейшими технологиями, которые смогут обеспечить необходимый технико-экономический уровень проекта.

Семейство МС-21 представлено тремя основными вариантами самолетов: на 150, 180 и 210 пассажиров в экономическом классе, которые предназначены для полетов на воздушных трассах протяженностью до 5000 км со скоростью 850 км/ч. Авиакомпаниям могут быть предложены также и другие варианты исполнения салона – двухклассные, трехклассные и салоны VIP, а также грузовые и грузопассажирские варианты самолетов.

В основу разработки самолетов семейства положены следующие принципы, которые должны обеспечить их высокую конкурентоспособность благодаря выходу на новый уровень эксплуатационно-технических характеристик:

- максимальное снижение эксплуатационных расходов;
- повышенный комфорт для пассажиров и членов экипажа;
- соответствие российским и международным нормам летной годности и международным стандартам по охране окружающей среды;
- высокая степень унификации самолетов семейства благодаря единой структуре конструкции и систем;



MC-21 — магистральный самолет XXI века (проект)

принцип модульности, позволяющий использовать как российские, так и зарубежные комплектующие изделия (двигатели, радиоэлектронное оборудование и др.);

единые принципы и средства технического обслуживания всех самолетов семейства;

поддержка обслуживания в течение всего жизненного цикла.

Принятая концепция создания самолетов MC-21 предопределила необходимость реализации высокой степени технического совершенства, что является основой для обеспечения требуемого уровня конкурентоспособности. Комплекс технических новшеств и улучшений представляет собой рациональное сочетание высокого аэродинамического совершенства, использования новых и усовершенствованных конструкционных материалов, высокоэкономичных двигателей, цифровой электродистанционной системы управления, новейшего комплекса бортового оборудования, лучших по сравнению с аналогами условий комфорта для пассажиров и членов экипажа, а также высокого уровня эксплуатационной технологичности и высокоэффективной системы послепродажной поддержки.

Аэродинамическую компоновку самолетов семейства MC-21, разработанную на основании большого объема теоретических и экспериментальных исследований, в первую очередь, отличает новое вы-

сокоэффективное крыло, аэродинамически спроектированное в ЦАГИ. Комплексная оптимизация крыла со сверхкритическими профилями нового поколения и рациональной механизацией в условиях конструктивных ограничений, связанных с необходимостью обеспечения потребного объема для размещения топлива и минимально возможной массы конструкции, определила при прочих равных условиях существенное скоростное преимущество MC-21 по отношению к самолетам аналогичного класса.

Для обеспечения максимальной весовой эффективности конструкции при разработке самолетов MC-21 совместно с научно-исследовательскими институтами — ЦАГИ, ВИАМ и НИАТ определена концепция сбалансированного сочетания усовершенствованных и новых алюминиевых сплавов и композиционных материалов, что позволяет оптимизировать конструкцию с учетом надежности и стоимости.

В связи с важностью показателей уровня комфорта для пассажиров и членов экипажа в комплексном критерии оценки пассажирских самолетов и их конкурентоспособности в салонах экономического класса самолетов семейства MC-21 предусмотрена установка пассажирских кресел увеличенной ширины с шагом 32 дюйма (~813 мм) при обеспечении ширины прохода 580...630 мм. Реализованные условия в салонах обеспечивают самолету превосходство по уровню комфорта над всеми зарубежными и отечественными аналогами.



Интерьер пассажирского салона

В кабине экипажа обеспечивается удобство расположения и доступность для всех его членов средств управления и контроля, необходимых для выполнения полета. Установка регулируемых и автоматизированных кресел пилотов, дизайн интерьера и система освещения кабины в сочетании с рациональным распределением функций управления и контроля между автоматикой и экипажем способствуют снижению загруженности и усталости членов экипажа в длительном полете. Информационно-управляющее поле кабины построено по концепции "стеклянной кабины экипажа" и представляет собой интегрированную панель цветных multifunctional индикаторов на базе широкоформатных активных жидкокристаллических матриц.

Размерность самолетов семейства МС-21 обуславливает необходимость использования в силовых установках турбовентиляторных двигателей с максимальной тягой 11 000...15 000 кгс. Принятая концепция выбора двигателей предусматривает обеспечение совокупности низкого расхода топлива, высокого ресурса и надежности, модульности конструкции и низкой трудоемкости технического обслуживания. Для самолетов семейства предполагается использовать как перспек-

тивные российские двигатели типа ПС-12, так и зарубежные — фирм Pratt & Whitney и Rolls-Royce.

На самолетах устанавливается цифровая электродистанционная комплексная система управления (КСУ). Она позволяет реализовать заданные характеристики устойчивости и управляемости самолета при ручном и автоматическом управлении. При этом обеспечиваются автоматическое ограничение выхода самолета на опасные режимы на всех стадиях полета, парирование возмущений при полете в турбулентной атмосфере и маневрах и автоматический заход на посадку по III категории ИКАО. Обеспечивается высокая степень контроля элементов системы управления и взаимодействующих систем с выдачей экипажу данных о их техническом состоянии в реальном масштабе времени и организацией возможности информационного обмена с землей. Все это позволяет достичь высокого уровня надежности и безопасности, снижения нагрузки на экипаж в полете, значительного уменьшения трудоемкости и времени технического обслуживания и, следовательно, эксплуатационных расходов.

Интегрированный комплекс бортового радиоэлектронного оборудования (ИКБРО) обеспечивает выполнение самолетами МС-21 с экипажем из двух человек полетов во всех физико-географических условиях, в любое время суток и года и при любой погоде в соответствии с действующими и перспективными требованиями аэронавигации.



Вариант оформления кабины экипажа

Основой структурного построения ИКБО является полная интеграция цифровых систем бортового оборудования в целом (включая управление самолетом и силовой установкой, управление самолетными системами, системами развлечения и оповещения пассажиров, диагностики состояния и бортового технического обслуживания всех систем и агрегатов самолета и др.) и объединение их в единый комплекс, проектируемый по общей идеологии с распространением модульного принципа на все цифровые системы и блоки.

В основу создания комплекса оборудования заложены следующие принципы:

модульность построения основных вычислительных систем на базе сетевой информационно-управляющей системы с распределенными ресурсами и высокоскоростными шинами обмена;

единое информационно-управляющее пространство, объединяющее систему отображения информации, интерактивный "дружественный" человеко-машинный интерфейс и распределенную информационно-экспертную систему, обеспечивающую экипаж всей необходимой информацией и рекомендациями на всех этапах полета, предполетной подготовки и послеполетного обслуживания.

Конкурентоспособность самолета и эффективность его использования обеспечиваются высоким уровнем эксплуатационного совершенства, позволяющим значительно сократить расходы на техническое обслуживание и ремонт. Конструкция планера, создаваемая с использованием принципов "безопасного разрушения", применение новых материалов и технологий, рациональное резервирование функциональных систем, комплекс бортового оборудования с

системой автоматизированного контроля технического состояния и диагностирования элементов конструкции, систем и собственно оборудования позволяют обеспечить поддержание и восстановление заданных уровней характеристик безопасности, надежности и работоспособности при эксплуатации самолета "по состоянию".

Большую привлекательность для авиакомпаний представляет разрабатываемая система послепродажного обслуживания самолета, основанная на принципах интегрированной логистической поддержки — комплекса мероприятий и программно-технических средств, направленных на реализацию информационных технологий с целью сокращения затрат на эксплуатацию и повышение эффективности его применения. Эксплуатирующие самолет авиакомпании, региональные центры обслуживания, изготовитель и разработчик будут связаны единой информационной системой, благодаря которой сокращается время принятия решений по запросам авиакомпаний и обеспечения необходимыми запасными частями.

По оценкам экспертов, самолеты семейства МС-21, в которых сочетаются самые современные технологии авиастроения с соответствием перспективным требованиям к безопасности, эффективности и экономичности перевозок, а также обеспечивающие снижение стоимости эксплуатационных расходов по отношению к существующим самолетам мирового парка не менее чем на 20 %, не только займут нишу магистральных самолетов этого класса в России, но и будут успешно конкурировать на международном рынке.

Нас поздравляют

Уважаемый Лев Абрамович!

Журнал "Полет", начавший издаваться во времена, не лучшие для страны и машиностроительной отрасли, с первых номеров проявил внимание к деятельности Машиностроительного конструкторского бюро "Факел". И ранее, и теперь журнал выполняет благородную миссию — доносит до читателей новые разработки и предложения специалистов по решению актуальных проблем машиностроения.

Руководство МКБ "Факел" поздравляет журнал "Полет" с 10-летним юбилеем и желает ему дальнейших успехов в работе.

С уважением,

генеральный конструктор МКБ "Факел"
В.Г. СВЕТЛОВ

УДК 629.7

Наука на российском сегменте МКС

Н.А. Анфимов, Л.М. Зелёный

Рассказано о создании Международной космической станции (МКС) и об экспериментах, осуществляемых на ее российском сегменте. Показана система работы Координационного научно-технического совета, формирующего программу российских исследований на МКС.

N.A. Anfimov, L.M. Zeleny. Science At Russian Segment Of ISS

The article dwells on the creation of the International Space Station and the experiments, carried out by cosmonauts at its Russian segment. It discloses the system of operation of the Scientific and Technical Coordination Council, which is responsible for the planning of Russian scientific experiments at the station.

Работа Международной космической станции стала очередным знаменательным этапом в освоении человечеством космического пространства. Ее предшественницами были советские пилотируемые станции первого поколения "Салют-1"—"Салют-5", второго поколения "Салют-6" и "Салют-7" и третьего поколения "Мир". Был получен богатый опыт создания и эксплуатации орбитальных станций с практически непрерывным пребыванием экипажей на борту и реализацией программ научно-прикладных исследований. Но есть и еще одна особенность: вслед за выполнением программы "Интеркосмос" и блестящим осуществлением советско-американского проекта "Союз"—"Аполлон" на орбитальных станциях получили дальнейшее развитие принципы международного сотрудничества в такой сложной области, как пилотируемая космонавтика. На станции "Мир" зарубежных космонавтов побывало больше, чем российских. Все эти станции были разработаны и построены только одним государством — Советским Союзом.

В 1984 г. президент США Рональд Рейган объявил о начале работ по созданию американской орбитальной станции "Фридом". Планировалась крупногабаритная управляемая станция, модули которой должны были доставляться по очереди на орбиту кораблями "Шаттл". Но к началу 1990-х гг. выяснилось, что только международная кооперация позволит построить такую станцию.

Идея объединения национальных программ создания орбитальных пилотируемых станций появилась в результате успешной реализации совместной программы "Мир"—"НАСА", для осуществления которой Россия и США заключили в 1992 г. соглашение о сотрудничестве в исследовании космоса. В марте 1993 г. генеральный директор Российского космического агентства (РКА) Ю.Н. Коптев и генеральный конструктор НПО "Энергия" Ю.П. Семенов предложили руководителю НАСА Даниэлю Голдину создать Международную космическую станцию. В ходе дальнейших переговоров определилось, что в создании станции кроме России и США примут участие Канада, Япония и государства—члены Европейского космического агентства (ЕКА).

В это время ЕКА уже приступило к реализации программы "Коламбус", предполагавшей создание постоянно действующей космической станции. Велись работы и по воздушно-космическому летательному аппарату "Гермес". Авиационно-космические фирмы Японии выполняли научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию беспилотного аэрокосмического летательного аппарата "Хоуп" ("Надежда"). Совместная работа по созданию Международной станции была выгодна



АНФИМОВ
Николай Аполлонович —
заместитель генерального
директора ФГУП
ЦНИИмаш, председатель
Координационного научно-
технического совета
Роскосмоса, академик
РАН



ЗЕЛЁНЫЙ
Лев Матвеевич —
директор Института
космических исследований
РАН, академик РАН

всем участникам, так как при этом значительно сокращались затраты каждого государства, и каждый участник получал доступ к передовым технологиям.

В марте 1995 г. утверждается эскизный проект станции, в 1996 г. — ее конфигурация. Она должна была состоять из двух сегментов — российского и американского (с участием партнеров США).

20 ноября 1998 г. Россия запустила первый элемент МКС — функционально-грузовой блок "Заря" (ФГБ); спустя месяц — шаттл "Индевор" пристыковал к МКС американский модуль Unity ("Юнити", Node-1).

26 июля 2000 г. к функционально-грузовому блоку "Заря" был пристыкован служебный модуль (СМ) "Звезда".

2 ноября 2000 г. транспортный корабль "Союз ТМ-31" доставил на борт МКС экипаж первой основной экспедиции. С этого момента было обеспечено непрерывное пребывание экипажей на станции, ее сборка и целевое использование.

Программа создания Международной станции оказалась в критической ситуации, когда 1 февраля 2003 г. при возвращении на Землю случилась катастрофа американского космического корабля "Колумбия". Только возможности российской стороны спасли программу от закрытия, что в очередной раз продемонстрировало преимущество международного сотрудничества в освоении космического пространства.

К апрелю 2008 г. на станции побывало 16 долгосрочных экспедиций, в которых участвовало 17 российских космонавтов, трое из них дважды, и 20 астронавтов НАСА, причем один астронавт (женщина) — дважды. Еще семь космонавтов от России и 85 от НАСА работали в экспедициях посещения. В этих экспедициях помимо американцев принимали участие 21 космонавт из других стран и шесть космических туристов (по современной классификации "участников космического полета", граждан различных стран, на коммерческой основе летавших в счет российской квоты).

В феврале 2008 г. к МКС был пристыкован европейский модуль "Коламбус", в марте — отсек японского "Кибо". Одновременно с "Коламбусом" шаттл "Эн-девор" доставил на станцию детище канадских специалистов — орбитальный робот-монтажник.

По контракту 1994 г. в российском сегменте станции должны были постоянно работать три человека, а в американском — четверо астронавтов из различных стран пропорционально их вкладам в строительство станции (США — около 76 % времени, Япония — 13 %, ЕКА — 8 % и Канада — 3 %). До настоящего времени такой численности экипажа станции по ряду причин достичь не удалось.

Для поддержания функционирования МКС, в том числе обеспечения работы экспедиций, используются российские космические корабли серий "Союз" и "Прогресс", а также американские многоразовые корабли "Спейс Шаттл". Начиная с 2008 г. доставку грузов и топлива на МКС осуществляет также автоматический грузовой корабль ЕКА ATV "Жюль Верн". Первый запуск ATV состоялся 9 марта 2008 г. с космодрома Куру. 3 апреля 2008 г. ATV "Жюль Верн" был пристыкован к российскому сегменту МКС. Ожидается, что с 2009 г. войдет в строй японский автоматический грузовой корабль Н-II Transport Vehicle (полезный груз — 6 т). К 2010 г. должна быть завершена модернизация российских "Союзов", в результате чего их эксплуатационные возможности возрастут.

Что касается американских шаттлов, то программа их использования после 2010 г. должна быть свернута. Для обеспечения независимого доступа к МКС в США разрабатывается новый корабль "Орион". Однако первый его полет состоится, в лучшем случае, в 2014 г. В связи с этим НАСА, возможно, станет использовать для транспортировки грузов и доставки на борт астронавтов разработку частной фирмы Space X — космический корабль "Dragon". По самым оптимистическим прогнозам первая его стыковка со станцией состоится не ранее 2009 г. К настоящему времени окончательно не решены юридические аспекты использования американской стороной российских "Союзов" после закрытия программы "Шаттл".

В августе 1994 г. совместным решением генерального директора Российского космического агентства и Президента Российской академии наук с целью формирования программ и научного сопровождения научно-прикладных исследований на пилотируемых космических комплексах (ПКК) был создан Координационный научно-технический совет (КНТС), работающий и в настоящее время. Первым руководителем Совета был академик В.Ф. Уткин.

Организационно КНТС включает 12 секций по основным направлениям исследований на ПКК:

1. Проблемы космической технологии и материаловедения.
2. Геофизические исследования.
3. Медико-биологические исследования.
4. Исследование природных ресурсов Земли и экологический мониторинг.
5. Изучение планет и малых тел Солнечной системы.
6. Космическая биотехнология.
7. Технические исследования и эксперименты.
8. Внеатмосферная астрономия.
9. Комплексный анализ и формирование программ.

10. Проблемы космических энергосистем и двигательных установок.

11. Исследование космических лучей.

12. Космическое образование.

Секции возглавляют известные в своей области ученые. КНТС совместно с секциями разработал и внедрил в практику процедуру конкурсного отбора предложений и заявок на проведение научных исследований и экспериментов на пилотируемых комплексах, которая явилась впоследствии основой Государственного стандарта Российской Федерации "Порядок подготовки и проведения космического эксперимента" ГОСТ Р 52017–2003.

В 1993 г. были подготовлены и разосланы в организации Росавиакосмоса, РАН и других ведомств информационные письма о конкурсном отборе экспериментов для формирования программы научно-прикладных исследований на российском сегменте станции (РС МКС). Всего поступили 406 заявок на проведение исследований на борту, из них 295 были отобраны для реализации (на весь период эксплуатации МКС). После одобрения КНТС предложения по проведению исследований поступили в РКК "Энергия" для экспертизы на возможность реализации, поскольку не всякая, даже самая красивая, научная идея, может быть осуществлена на орбитальной станции. При оценке возможности постановки эксперимента в космосе учитывались требования по массе и объему грузов, как доставляемых на орбиту, так и спускаемых на Землю. Рассматривались также объемы ресурсов, которые необходимы для исследований: электроэнергия, время работы экипажа с аппаратурой; требования по управлению аппаратурой в полете; оперативность и объем передаваемых на Землю данных. Важное значение имела оценка возможного взаимного влияния используемого в эксперименте оборудования, научных и служебных приборов станции.

При наличии утвержденного технического задания на эксперимент и положительного заключения о его технической реализации эксперимент включался в "Долгосрочную программу исследований на РС МКС", которая была утверждена руководителем Росавиакосмоса и президентом РАН. На любом этапе конкурсного отбора могла назначаться повторная экспертиза проекта. При этом окончательное решение о включении эксперимента в программу принималось Советом с учетом экспертных заключений после доклада его постановщика на специализированной секции КНТС.

Затем начинался этап разработки аппаратуры, доставки на орбиту и установки ее на борту станции. Од-

ному из отделов РКК "Энергия" поручалось курирование всех работ по эксперименту. В отделе назначался его куратор, который обеспечивал выпуск всей необходимой документации, проведение автономных и комплексных испытаний оборудования в составе наземного аналога станции, организовывал сопряжение научного оборудования с другими системами, а также тренировки экипажей в проведении эксперимента.

Далее формировался пакет экспериментов для предстоящей очередной экспедиции и начинался этап реализации экспериментов на борту. Управление экспериментом в полете осуществлялось специальной группой целевых нагрузок, входящей в состав Главной оперативной группы управления полетом. На период проведения эксперимента к работе этой группы подключались представители постановщика и куратор.

КНТС рассматривает "Долгосрочную программу..." как живое развивающееся образование, в которое постоянно добавляются новые актуальные с научной и практической точки зрения и полностью подготовленные космические эксперименты (КЭ). В настоящее время "Долгосрочная программа..." содержит 342 КЭ.

За более чем 7 лет работы станции в пилотируемом режиме на ее борту по национальной программе проводились 75 научно-прикладных исследований и экспериментов. Из них 17 полностью завершены. (Следует пояснить, что "эксперимент" — это не разовое мероприятие. Он состоит из десятков, а бывает и сотен сеансов, и длятся они порой годами.) Для выполнения исследований на российский сегмент были доставлены около 1500 наименований аппаратуры и укладок с расходными материалами, суммарная масса которых составила почти тонну. Общая масса возвращенных укладок с результатами экспериментов превысила 200 кг.

Выполненные на РС МКС исследования условно можно разделить на два основных типа: направленные на отработку и совершенствование технологий пилотируемых космических полетов, включая медико-биологические аспекты, и реализуемые в интересах фундаментальной и прикладной науки.

По первому направлению специалисты РКК "Энергия", Института медико-биологических проблем РАН, ЦНИИмаша и других отечественных предприятий и институтов изучали особенности динамики больших и сложных сооружений в космосе, метеоритную обстановку вокруг станции, электрофизические процессы в ее плазменном окружении, воздействие различных излучений и радиационных полей на организм человека и др.

В целом технические исследования, выполняемые на МКС, были направлены, в первую очередь, на уточнение характеристик ее конструкции, условий эксплуатации (режимов микрогравитации, акустического и резонансного воздействия), соответствия этим условиям выбранных конструкционных материалов и покрытий. Ранее по результатам эксплуатации орбитального комплекса "Мир" были приняты сотни новых проектно-конструкторских решений, позволяющих разрабатывать и внедрять в практику системы, способные обеспечить выполнение работ как на околоземных орбитах, так и за их пределами. Были апробированы методики выбора конструкционных материалов, устойчивых к воздействию радиации и метеоритных осколков; созданы средства эффективного получения и накопления энергии в космосе, разворачивания крупногабаритных конструкций, использования робототехники и дистанционного управления для проведения сложных технических операций на борту космических аппаратов. Изучались процессы горения в условиях микрогравитации с целью обеспечения пожаробезопасности конструкций космических кораблей и оптимальной циркуляции воздушных потоков. Новые задачи освоения космического пространства потребовали продолжения технических исследований на борту МКС.

Изучение человека и процессов его жизнедеятельности и работоспособности в космическом полете стало приоритетным направлением научной программы МКС. Медико-биологические эксперименты, в основном, были направлены на совершенствование медицинского обеспечения пилотируемых космических полетов, получение новых данных по механизмам адаптации организма человека к условиям существования в космосе, отработку методов и средств защиты от неблагоприятных воздействий факторов полета и их профилактики.

В частности, в эксперименте "Биориск" были получены данные о проявлениях фенотипической адаптации и генотипических изменениях в бактериальных грибных ассоциациях, формирующих типовую микробиоту конструкционных материалов, используемых в космической технике. Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии факторов космического полета на рост, репродукцию и биологические свойства бактерий и грибов. Установлено возрастание активности ферментов, характеризующих уровень потенциала патогенности, а также устойчивости микроорганизмов к антимикробным средствам. Результаты выполненных исследований стали учитываться в практике медицинского обеспечения космических полетов.

Среди исследований по космической технологии и материаловедению, выполняемых на МКС, наибольший приоритет имели эксперименты с явно выраженной прикладной направленностью. В частности, проводились исследования по кристаллизации биологических макромолекул и получению биокристаллических пленок в условиях микрогравитации. Цель этих исследований — оценка возможности организации в будущем производства в космосе кристаллов с качеством, недостижимым в наземных условиях из-за влияния гравитации на процесс кристаллизации (разрешение 0,5...1 ангстрем, т.е. до одной десятиллионной доли миллиметра, при рентгеноструктурном анализе). Образно говоря, рентгеноструктурный анализ выращенных на орбите больших кристаллов правильной формы дает более крупномасштабную "карту" расположения отдельных элементов. Дальше начинают работу земные биотехнологии. Группы атомов из одного места молекулы переносятся в другие. В результате появляется вещество с заданными свойствами.

Выполненный на земле послеполетный анализ полученных в космосе биологических кристаллов вплотную приблизился к расшифровке пространственного строения молекул белков (ключевого условия понимания процессов их функционирования в живом организме и разработки диагностических и лекарственных препаратов). Отработаны технологии выращивания белковых пленок, что открывает возможности получения новых материалов для их применения в нанотехнологиях и биоэлектронике, реализации гибридных электронных интегральных схем, у которых подложкой служит неорганический материал, а активный слой — биологическое вещество.

Весомым вкладом в фундаментальную науку стал цикл экспериментов "Плазменный кристалл". Эти исследования начинались еще на орбитальном комплексе "Мир" (получены данные о пылевой плазме, индуцированной ультрафиолетовым излучением Солнца, и пылевой плазме тлеющего разряда постоянного тока), а затем были продолжены на борту МКС уже в ходе работы первой основной экспедиции. Аппаратура "Плазменный кристалл — 3" (ПК-3) предусматривала изучение пылевой плазмы радиочастотного разряда. В настоящее время ведутся работы по созданию установки ПК-4, обеспечивающей возможность возбуждения комбинированного газового разряда с использованием тлеющего разряда постоянного тока или высокочастотного индуцированного и емкостного разрядов. Следующий их этап выполнен в марте 2008 г. Цель этих экспериментов — исследование низкотемпературной

плазмы, в которой помимо электронов и ионов присутствуют пылевые частицы микронных размеров. При проведении исследований удалось обнаружить ряд новых, ранее не наблюдавшихся физических явлений и эффектов, в частности, процессов формирования в условиях микрогравитации трехмерных упорядоченных структур из заряженных пылевых частиц (трехмерного плазменного кристалла). Открыто одновременное существование гранецентрированных и гексагональных структур. Обнаружены нелинейные волны плотности пылевого компонента и области с конвективным движением заряженных микрочастиц в плазменной жидкости. Полученные результаты существенно расширяют представления ученых о различных состояниях материи и станут основой для разработки перспективных высокоэффективных плазменно-коллоидных технологий и получения наноматериалов, в том числе сверхтвердых.

"Мы фактически учимся управлять процессом кристаллизации, — говорит научный руководитель эксперимента академик Владимир Фортов. — Так, в ходе одной из сессий были выявлены режимы, при которых заряженные частицы выстраиваются в нити, и образуются кристаллы, неоднородные по разным направлениям. Прикладывая небольшие внешние электромагнитные поля, можно перенаправлять структуру кристалла".

"Слипание" кристаллов дает представление о том, как формировались планеты Солнечной системы. Полученные результаты, возможно, позволят в перспективе создать "пылесос" для направленного обезвреживания радиоактивных выбросов в атмосферу при ядерных авариях, разработать мощные компактные источники питания...

Существенные результаты были получены и с помощью доставленной на МКС спектрозональной оптико-электронной системы "Фиалка-МВ-Космос". Прообраз этой системы был еще на станции "Мир". С тех пор уже долгое время эта уникальная аппаратура является единственной в России, позволяющей наблюдать за всевозможными явлениями в околоземном пространстве в принципиально недоступном для наблюдений с Земли ультрафиолетовом диапазоне спектра. В настоящее время на МКС в рамках программы "Релаксация" работает ее четвертая модификация. В ходе цикла геофизических исследований по программе "Релаксация", проводимых ЦНИИмашем, изучаются закономерности различных атмосферных оптических явлений естественного и техногенного происхождения. Это дает возможность уточнять существующие модели состава

и параметров верхней атмосферы Земли в зависимости от гелиофизической обстановки. Одновременно аппаратура "Фиалка-МВ-Космос" используется для исследования сложных физико-химических процессов, инициированных воздействием выхлопов двигательных установок космических аппаратов на верхние слои земной атмосферы и собственную внешнюю атмосферу МКС. В этих экспериментах были обнаружены и изучены ранее не исследованные процессы взаимодействия атомов и молекул в гиперсверхзвуковых разреженных газовых потоках, а также проведены уникальные наблюдения ультрафиолетового излучения плазменных образований, возникающих при высокоскоростном движении спускаемых аппаратов в атмосфере Земли. Данные, полученные в таких экспериментах, ученые и конструкторы используют при проектировании аппаратов, спускаемых не только в земную атмосферу, но и в атмосферы других планет Солнечной системы.

Пожалуй, наиболее "зрелищно" выглядит эксперимент "Ураган", направленный на изучение возможностей предсказания катастрофических явлений по наблюдениям из космоса их различных предвестников. В ходе первого этапа этих исследований космонавтами был получен большой массив фото- и видеоматериалов с различным уровнем разрешения. Наблюдались районы потенциально опасных явлений, которые могли привести к природным катастрофам с тяжелыми последствиями — вулканическим извержениям, сходу ледников и др.

Еще один достаточно наглядный эксперимент — "Диатомея" — был ориентирован на наблюдения за океаническими акваториями, где так или иначе могла проявляться активная деятельность морских биосистем. Исследовалась устойчивость географического положения и конфигурации границ биопродуктивных акваторий мирового океана, наблюдаемых космонавтами.

Задача эксперимента с романтическим названием РУСАЛКА, которое прозаически расшифровывается как ручной спектральный анализатор компонентов атмосферы, — отработка методики определения содержания углекислого газа и метана в атмосфере Земли. До сих пор подобные исследования с борта космических аппаратов не проводились. Космический мониторинг позволит разделить вклады человеческой деятельности и природных процессов (извержений вулканов, лесных пожаров и пр.) в парниковый эффект, усиление которого в последние годы, как полагают некоторые ученые, является причиной глобального потепления на Земле.

Уникальная аппаратура для спектрального анализа атмосферного воздуха разработана в Специальном

конструкторском бюро космического приборостроения ИКИ РАН. К концу 2008 г. ее планируется отправить на станцию, и в 2009 г. с прибором будут работать космонавты.

Традиционно большое место в отечественных космических исследованиях занимает биология. Исследования в области космической биологии позволили изучать фундаментальные закономерности биологических систем в условиях измененной гравитации. Полученные данные об отсутствии влияния повреждающих эффектов невесомости на внутриклеточные процессы, ткани, органы, физиологические системы и организм в целом являются доказательным аргументом для обоснования возможности осуществления еще более длительных космических полетов и жизни человека вне Земли.

В ходе выполненного на МКС эксперимента "Растения" было показано, что характеристики роста и развития растительности в бортовой оранжерее ("Лада") не изменяются по сравнению с наземными контрольными образцами. Впервые удалось установить, что, например, горох при культивировании в течение четырех последовательных полных циклов онтогенеза ("от семени до семени") в условиях космического полета сохраняет репродуктивные функции, формируя при этом жизнеспособные семена. Каких-либо генетических изменений во всех четырех "поколениях" обнаружено не было. Так что вполне возможно, что космические оранжереи для сверхдальних и продолжительных космических полетов станут реальностью.

Реакция сложных организмов на условия космического полета оказалась более выраженной. В эксперименте "Аквариум" исследовались реактивация покоящихся стадий и жизненный цикл у водных ракообразных из покоящихся в течение тридцати суток на борту космической станции их яиц. Эти результаты стали первым подтверждением воздействия факторов среды на эмбрионы, приводящих к изменению параметров жизненного цикла и адаптивности как у развивающихся эмбрионов, так и у их потомков.

МКС стала и своего рода стартовой площадкой для выведения на орбиту малых, а также сверхмалых спутников, созданных различными научными и образовательными организациями и доставленными на борт станции кораблями "Прогресс". Первым был пятикилограммовый технологический наноспутник (ТНС), созданный в российском НИИ космического приборостроения. С помощью этого аппарата отработывались технологии управления спутником через систему Globalstar, проверялась работа экспериментальных датчиков Солнца и горизонта, отбраба-

тывались методы контроля работы космических аппаратов с помощью аварийного маяка системы КОСПАС—САРСАТ. На очередном спутнике серии ТНС (массой всего 5,5 кг) планируется установить телевизионную камеру для наблюдения поверхности Земли с разрешением до 100 м. На последующих аппаратах планируется отрабатывать системы трехосной ориентации спутников.

Еще два малых космических аппарата отправились в космос в рамках образовательной программы. Следует отметить, что образовательное направление — использование ресурсов российского сегмента для проведения экспериментов в интересах российской высшей школы и реализации совместных исследований по программам вузов и промышленности — в последнее время заняло значительное место в деятельности КНТС, в составе Совета была даже создана соответствующая специализированная секция.

В феврале 2006 г. экипаж МКС отправил в космос в качестве спутника выработавший свой ресурс скафандр "Орлан-М", в котором был установлен передатчик радилюбительского диапазона (космический эксперимент "Радиоскаф"). Первым же опытом создания полноценных отечественных "образовательных" спутников стал запуск с борта станции разработанного и построенного в Институте космических исследований РАН космического аппарата "Коллибри-2000" массой 20,5 кг.

Надо сказать, что в ИКИ РАН была подготовлена и частично реализуется достаточно обширная программа исследований на МКС. Об эксперименте РУСАЛКА уже говорилось выше. Одно из предстоящих исследований — "Обстановка" (реализуется в широкой международной кооперации) — нацелено на решение проблем взаимосвязи плазменно-волновых явлений в системе магнитосфера — ионосфера — атмосфера — литосфера Земли с параметрами "космической погоды". В частности, предусматривается экологический мониторинг низкочастотных электромагнитных излучений антропогенного характера, а также вызванных глобальными природными катаклизмами. Выполняя непрерывные измерения в течение длительного времени, в идеале в течение всего срока службы МКС, можно будет получить значительный объем информации. Одна из задач этих исследований — селекция потоков энергии, поступающих в ионосферу "снизу" на фоне "воздействия сверху", что может существенно повысить эффективность прогнозов "космической погоды".

Одновременно с наблюдениями с борта МКС мониторинг окружающей космической среды будет выполняться электромагнитно-чистыми микроспутни-

ками "Чибис", функционирующими в инфраструктуре МКС. Эти спутники разработаны в ИКИ РАН. Изготовление первого из них должно завершиться к концу текущего года.

В 2006 г. на МКС была доставлена созданная в ИКИ РАН аппаратура БТН-М1 (бортовой телескоп нейтронов высоких энергий). Это первый и пока единственный научный прибор, который подключен к бортовым системам станции, обслуживается ими и работает в автоматическом режиме. Если все остальные исследования и эксперименты — технологические, биомедицинские и прочие — проводятся без какой-либо связи с "бортом" и выполняются космонавтами, то БТН-М1 — это, по сути, первая научная составляющая МКС.

Аналогичный российский нейтронный детектор ХЕНД установлен на американском космическом аппарате MARS Odyssey и уже около семи лет успешно функционирует в космосе. Синхронные наблюдения с околоземной и околомарсианской орбит обеспечивают проведение сравнительного анализа нейтронного компонента радиационного фона, возникающего под воздействием космических лучей в верхней атмосфере Земли и на поверхности Марса как в условиях спокойного Солнца, так и во время мощных вспышек. Кроме того, ХЕНД и БТН-М1 ведут непрерывный мониторинг космических гамма-всплесков с целью определения их координат на небесной сфере. Наконец, совместные измерения одновременно двумя приборами из двух точек межпланетного пространства позволяют экспериментально оценить нейтронный компонент радиационного фона космического аппарата в полете по трассе

Земля—Марс—Земля, знания о котором важны для планирования будущих марсианских экспедиций.

Ученые ИКИ РАН планируют также установить на борту МКС широкоугольный рентгеновский телескоп СПИН-Х для регулярного обзора нашей Галактики (83 % сферы) в жестком рентгеновском диапазоне, наблюдения за транзитными рентгеновскими явлениями и долговременного мониторинга источников рентгеновского излучения.

Ряд экспериментов для реализации на борту РС МКС разработан в рамках российско-украинского сотрудничества в космосе. Планируется исследование параметров тепловых труб для систем охлаждения и термостабилизации космических аппаратов. Предполагается также изучение стойкости различных полимерных материалов в условиях длительного космического полета. Весьма интересные эксперименты планируются в области медицины и биологии.

Решением Коллегии Федерального космического агентства от 9 ноября 2007 г. № 22р утверждена двухэтапная схема развития конфигурации и программы работ на РС МКС, предусматривающая поэтапное наращивание целевого использования МКС и ориентированная на полномасштабное использование российской квоты экипажа станции (3 человека с 2010 г.).

Основная направленность разрабатываемых в настоящее время мероприятий по уточнению "Долгосрочной программы научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС" — обеспечение эффективного доведения полученных на РС МКС результатов до отраслей, ведомств и организаций — потенциальных их потребителей.

Нас поздравляют

Главному редактору литературы
по авиации, ракетной технике
и космонавтике
ОАО "Издательство "Машиностроение"
Л.А. Гильбергу

Уважаемый Лев Абрамович!

Позвольте передать поздравления Вам и коллективу редакции с 10-летием журнала "Полет" от ОАО "ОКБ им. А.С. Яковлева".

Все эти годы начиная с первого номера журнала мы активно и плодотворно сотрудничаем с Вами и не ослабим наших усилий в будущем. Нас вдохновляет доброжелательное и уважительное отношение Вашего коллектива.

Журнал "Полет" занимает достойное место среди отраслевых изданий мира и вносит свой вклад в развитие авиационной и ракетно-космической техники в нашей стране.

К новым успехам, друзья!

Первый заместитель генерального директора — генерального конструктора,
технический директор ОАО "ОКБ им. А.С. Яковлева"
Н.Н. ДОЛЖЕНКОВ



ЛОПОТА
Виталий Александрович — президент, генеральный конструктор ОАО "РКК "Энергия" им. С.П. Королева", член-корреспондент РАН

Космическим инновациям — государственный приоритет

В.А. Лопота

В статье рассмотрены проблемы, определяющие настоящее и будущее российской ракетно-космической отрасли. Показана роль инновационных процессов в решении этих проблем.

V.A. Lopota. State Priority To Space Innovations

The article reviews the topical items on the agenda of the Russian space and rocket industry now and in future, attaching special importance to the role played by innovations in resolving them.

История Ракетно-космической корпорации "Энергия" имени С.П. Королева начинается с Королёвского отдела-3 в составе НИИ-88, выделенного затем в Особое конструкторское бюро-1 (ОКБ-1), и связана со становлением и развитием практически всех направлений отечественной ракетно-космической техники. В коллективе предприятия формировались и при его головной роли воплощались идеи создания ракетно-ядерного щита нашей Родины, запуска первого искусственного спутника Земли, первого космического полета человека — Ю.А. Гагарина. Организация сделала все, чтобы наша страна стала первооткрывателем космической эры в истории земной цивилизации и практически всех направлений исследования и освоения космического пространства. Отсюда исходили многие судьбоносные решения по направлениям развития отечественной ракетно-космической техники и космического машиностроения. Именно поэтому Экспертный совет по проблемам законодательного обеспечения развития оборонно-промышленного комплекса при Председателе Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации принял решение провести в марте 2008 г. заседание в РКК "Энергия" им. С.П. Королева, на котором были рассмотрены проблемы, определяющие настоящее и будущее российского машиностроения, намечены пути улучшения работы по инновациям и законодательной базе, обеспечивающей их эффективное использование в современной рыночной экономике.

Что такое инновация? Образное представление о роли инновационных процессов в общем экономическом развитии общества может дать схематическое изображение "дерево — куст — болото", приведенное на рис. 1. Процветающее "дерево" — образ нормально развивающегося общества. Его "корневая система" — фундаментальные знания. "Ствол дерева" — научно-исследовательские работы (НИР), конструкторско-технологическое обеспечение и опытное производство, а "крона" — промышленное производство, поставляющее товары на рынок. Такова структура образа нормально развивающейся рыночной экономики.

Инновационный процесс — это не знание и не производство, а деликатнейший процесс материализации добытых знаний. Именно поэтому, если механизмы, стимулирующие развитие инновационных процессов в государстве не работают, то примерно через 10 лет (а это срок, когда частично меняется и психология людей) происходит трансформация инновационных процессов. "Дерево" вырождается в "куст". И мы сейчас находимся именно в этой стадии — стадии "куста", когда в условиях рыночной экономики возрастает зависимость страны от экспорта товаров и технологий. Нарушение баланса в процессе материализации знаний в нашей стране

подтверждается и количественными изменениями в структурах, непосредственно участвующих в инновационном процессе. К примеру, число конструкторских бюро начиная с 1985 г. уменьшилось в России почти в 5,5–6 раз, а число научно-исследовательских институтов возросло в 2,5 раза. Не принимая эффективных мер, направленных на интенсификацию использования инновационных механизмов в промышленности, мы вырубам "ствол". Еще немного и наша промышленность потеряет способность к восприятию инновационных механизмов, а наука станет донором такого развития для зарубежных стран. Данный сценарий развития делает нашу экономику все более зависимой от экономики промышленно развитых стран. Она превращается в "болото" с мощнейшей "корневой системой", т.е. умнейшее общество, не способное ничего поставить на рынок новейших технологий и оборудования. Рынок, безусловно, сохранится и будет работать, но он поставит Россию в полную зависимость от высокотехнологичных товаров западных стран.

Без востребованности промышленностью не может успешно и динамично развиваться отечественная наука. Как никогда, сегодня актуален процесс интеграции науки и промышленности. Машиностроение же было и останется ключевой отраслью на всех этапах развития промышленного производства, исключение не составляет и развитие постиндустриального общества.

Представленный на схеме "дерево—куст—болото" образ сценария развития отечественного производства в условиях рынка, с другой стороны, можно трактовать как замкнутый цикл "сфера знания — сфера производства" по созданию наукоемкой продукции. На предложенной схеме в инновационный процесс входят все этапы разработки изделий от момента отбора знаний, включая создание опытного образца, вплоть до принятия решения о развертывании серийного производства. При этом, если условно принять стоимость идеи как 2^0 , что равно единице, то затраты на весь процесс до передачи в серийное производство возрастут до 2^8 ! Это наглядно подтверждает особенности деликатнейшего процесса материализации знаний.

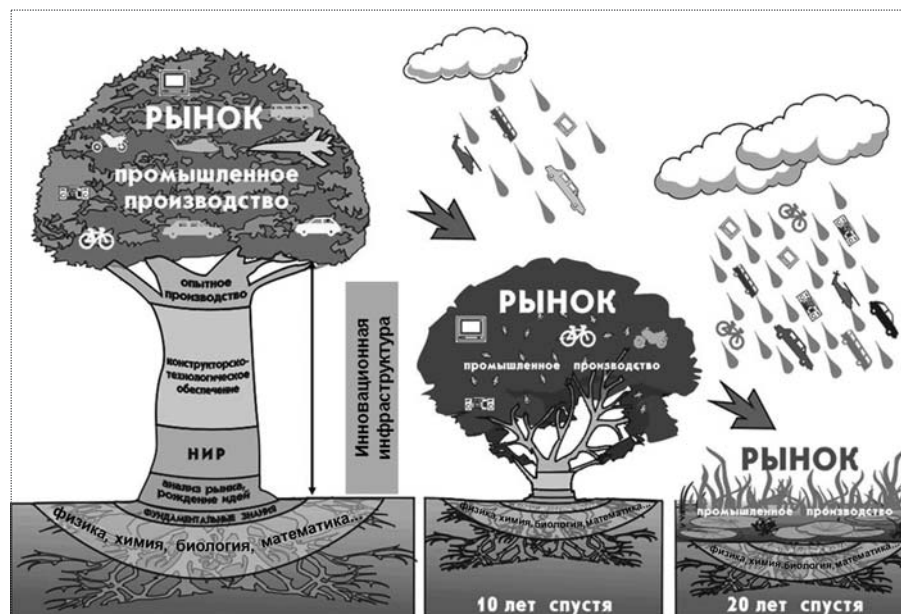


Рис. 1

Фундаментальные идеи и знания рождаются и развиваются в головах умнейших людей. Но эти люди, как правило, не умеют, да, пожалуй, и не должны уметь работать в регламентах перевода этих идей и знаний в производство. Конечно, они не всегда отдают себе отчет в том, что в материализацию знаний потребуется вложить в 256–300 раз больше средств, чем в получение фундаментальных знаний и обучение. В этом беда нашего общества. Если в инновационный процесс включаются и знания, и серийное производство, это создает безысходную ситуацию, в которой никогда и ни на что не будет хватать денег. В настоящее время мы вынуждены констатировать, что многие уникальные конструкторские бюро не смогли выжить в условиях кризисного монетаристского управления экономикой, когда разрушались ранее созданные и отработанные регламенты и государственные стандарты. Закон о техническом регулировании, по существу, разрушил то, что было создано и успешно работало. Ликвидация же системы отбора, подготовки и продвижения кадров, которая была уникальна и могла бы успешно применяться в секторе государственной экономики, ставит под угрозу все усилия и попытки восстановить отечественную промышленность, сделать ее конкурентоспособной на мировом рынке.

Ракетно-космическая отрасль по своей сути всегда уникальна и наиболее ярко демонстрирует процесс создания инновационного продукта. В ней нет массового серийного производства, а доля опытно-конструкторских работ и совершенствования техники всегда была и остается очень большой.



Рис. 2

Цель космического машиностроения — обеспечение национальной безопасности и технологической независимости России, благосостояния ее граждан. Реализация этого тезиса в экономически непредсказуемые 1990-е гг. стала испытанием на прочность РКК "Энергия". И она, возглавляемая в те годы Юрием Павловичем Семеновым, с достоинством выдержала испытания, реализовав уникальный инвестиционный международный проект "Морской старт" за два года и одиннадцать месяцев, прошедших с момента подписания решения по финансированию проекта и взятия кредита до момен-

та спуска на воду стартовой платформы и сборочно-командного судна (рис. 2).

В процессе реализации проекта проявились лучшие черты Королёвской школы, которую Юрий Павлович сохранил и преумножил. Подчеркиваю: в 1995 г. проект начали, создали кооперацию судостроительных и ракетно-космических предприятий, а в июне 1998 г. платформа "Одиссей" и сборочно-командное судно "Си Лонч Коммандер" вышли в море. В эти же годы в короткие сроки был реализован еще ряд уникальных проектов, равных которым до сих пор нет.

Подтверждением уникальности школы и тех технологий, которыми мы владеем и не имеем права потерять, являются пилотируемые корабли "Союз", созданные во второй половине 1960-х гг. и сегодня остающиеся одним из основных транспортных средств, обеспечивающих надежное функционирование Международной космической станции. Крупнейший проект по Международной космической станции, общие затраты всех стран-партнеров по которому в настоящее время составляют свыше 150 млрд дол., — беспрецедентный по своей уникальности за всю историю мировой космонавтики. Он реализуется именно в космическом машиностроении.

Оба этих проекта не только адаптировали РКК "Энергия" к условиям мирового рынка космических услуг, но и позволили международной кооперации разработать методики и отработать технологии создания дружественных интерфейсов: механических, логических, гальванических и т.д. Мы научились работать в международной кооперации, используя самые передовые мировые достижения. Чтобы двигаться вперед, подъем космического машиностроения должен стать одним из важнейших государственных приоритетов. И это федеральными органами власти должно быть закреплено на законодательном уровне.

Другая, не менее важная сторона проблемы — состояние мирового рынка космических услуг, место и роль российского космического машиностроения на нем. Если в 1999 г. этот рынок по объему составлял лишь 50 млрд дол., то в 2008 г. уже достиг 200 млрд дол. При этом, если соотношение стоимости производства и предоставления услуг составляло примерно 50 на 50 %, то сейчас на долю производства затрачивается не более 20 % средств, а 80 % зарабатывается предоставлением услуг.

Куда же движется рынок? В настоящее время в мире каждый третий бит информации проходит через космическую орбиту. Рынок пошел в персонализацию систем спутникового цифрового вещания. Россия практически не обеспечена цифровым вещанием. Не лучше обстоит дело и с геоинформационными системами. Доля устаревших карт в России превышает 80 %, и ликвидировать этот пробел без использования современных спутниковых систем невозможно.

Не менее острая проблема и с обеспечением конкурентных преимуществ для отечественных космических средств. Недостаточный уровень финансирования космических программ в ракетно-космической отрасли, безусловно, привел к отставанию нашей страны в создании современных технологий для автоматических космических аппаратов (КА). В результате спутники связи российского производства имеют на борту 30–60

транспондеров, а зарубежные — до тысячи. В части создания спутников дистанционного зондирования Земли состояние дел не лучше. Масса спутников западного производства при тех же функциональных возможностях отличается более чем на порядок от массы отечественных, и ставится задача о доведении сроков их создания до 1–6 месяцев (от выдачи технического задания до запуска КА). Без подъема отечественного космического машиностроения невозможно получить столь необходимые для создания российских конкурентоспособных КА технологии изготовления легчайших конструкций, соответствующего оборудования и элементной базы. К сожалению, сегодня нельзя назвать состояние дел в этой области благополучным. Говоря о состоянии парка станков и оборудования, следует отметить, что за последние 30 лет в машиностроении, в частности космическом, он практически не обновлялся. И если говорить о защите национальных интересов, то обеспечить ее невозможно, не имея мощного космического машиностроения и самых современных технологий.

Какие же шаги позволят сохранить статус России как одного из ключевых участников рынка космических услуг?

Во-первых, должна пройти интеграция разработок спутников различного целевого назначения как на уровне использования универсальных платформ, так и на приборных и интерфейсных уровнях с широким применением унификации и стандартизации. Для этого необходимы новые технологии изготовления легчайших конструкций, интеллектуальных систем. Очень важна задача создания отечественной электронной компонентной базы. Необходимы и новые концепции в развитии технологий космического машиностроения. Это, прежде всего, модульные мехатронные принципы построения, это переход от последовательного к параллельному проектированию. Мы должны кардинально перестроить принципы построения КА, перейти к так называемым легио-конструкциям. По сути, должны быть созданы отечественные целевые функционирующие на околоземных орбитах космические системы — телескопы, антенны. Вот те задачи, которые уже можно решать, используя имеющиеся сегодня технологии, пока в стране имеется соответствующий интеллектуальный уровень. Иначе через несколько лет нам на рынке уже делать будет нечего.

Во-вторых, в настоящее время практически отсутствует системное управление проектами. Необходимо выбирать конкретные изделия и внедрять системы их информационной поддержки. Должна быть полная "информационная прозрачность". Нужны технологии информационной поддержки создания изделий. И это

должно быть подтверждено на законодательном уровне.

И, наконец, требуется незамедлительно решить следующие проблемы:

восстановить отечественный машиностроительный комплекс в системе национальной экономики;

обеспечить производство современной элементной базы;

обеспечить производство конструкционных и теплозащитных материалов;

организовать единую информационную инфраструктуру предприятий ракетно-космической отрасли (здесь нужно говорить и о машиностроении в целом);

обеспечить совместимость российской и зарубежной нормативных баз (если мы сегодня закупаем компонентную базу за рубежом, то должны быть совместимы и нормативные базы).

Чтобы начать разрешение перечисленных проблем, необходимо обеспечить:

разработку и внедрение пилотных проектов по созданию типовых технологических решений интегрированных систем управления жизненным циклом

изделий и ресурсами предприятий машиностроительного комплекса, используя для этого федеральную целевую программу "Электронная Россия" и другие существующие отраслевые и межотраслевые программы;

внедрение комплекса мероприятий, направленных на восстановление и развитие кадрового потенциала в машиностроении;

разработку в отечественном машиностроении современных технологий мирового уровня;

разработку законодательной базы для формирования российской нормативной базы, совместимой с зарубежной (не сделаем это, превратимся через 10 лет в "болото");

равенство предприятий различных форм собственности при выполнении крупных государственных заказов по созданию технологий стратегического уровня для федеральных нужд, разрешив направлять крупные государственные инвестиции на восстановление и развитие основных средств, обеспечивающих выполнение госзаказа (и это равенство необходимо закрепить на законодательном уровне).

Нас поздравляют

Старт, выбор высоты и выход на орбиту

Десять лет для научно-технического журнала — на первый взгляд это не так уж много. Однако вспомним, на какие годы в нашей стране пришлось эти 10 лет! На годы, когда ни науку, ни технику, ни инженерное образование как-то не очень цествовали. Все это очень затрудняло рождение новых периодических научных изданий. Но несмотря ни на что "Полет" появился, состоялся и прочно занял свою нишу в журнальном мире.

С самого начала журнал обладал своим собственным лицом, был узнаваем, удачно сочетал в себе две стороны одной медали — авиационную технику и космонавтику. Среди его авторов — выдающиеся ученые и специалисты. Растет число читателей, укрепляется авторитет журнала. По праву "Полет" уже многие годы постоянно входит в перечень тех научных журналов, которым Высшая аттестационная комиссия доверила публиковать результаты докторских и кандидатских диссертаций.

И в этот юбилейный год мы должны особо отметить вклад в рождение, становление и твердую поступь журнала его главных редакторов — академика В.Ф. Уткина, которого мы всегда будем вспоминать с особым уважением, академиков Г.В. Новожилова, А.С. Коротеева, председателя редсовета академика А.М. Матвеевко. И, конечно, такого подвижника, неутомимого труженика и первоклассного специалиста в издательском деле — основателя журнала Льва Абрамовича Гильберга, мудрого и многоуважаемого человека. Он и его коллеги вдохнули в журнал жизнь и неизменно поддерживают его высокий тонус.

Всегда быть тебе, журнал "Полет", в самом высоком полете на благо аэрокосмической науке и технике, на благо инновационному развитию нашей страны!

Член-корреспондент РАН
О.М. АЛИФАНОВ

УДК 629.7

Методология формирования технического облика авиационных комплексов с учетом потребностей внешнего рынка

В.И. Барковский, Г.М. Скопец, В.Д. Степанов

В статье излагаются основные идеи по учету потребностей мирового рынка при создании авиационной техники и особенности такого учета. Рассматривается разработанная авторами статьи методология, применение которой позволяет сформировать компромиссный технический облик авиационного комплекса с учетом противоречивости предъявляемых к нему требований страной-разработчиком и странами — потенциальными импортерами.

V.I. Barkovsky, G.M. Skopets, V.D. Stepanov. Methods Of Drafting Aircraft Specifications With Account Of World Tendencies

The article presents the main ideas of how to take into account the requirements of the international market when developing new aircraft. It scrutinizes the methods, offered by the authors, to formulate compromise specifications of an aircraft with the account of requirements, set by the country of the developer on the one side and the countries of possible operators on the other.

В последние годы приходится слышать упреки в адрес авиастроительных фирм в том, что они поставляют за рубеж более эффективные образцы авиационной техники (АТ), нежели собственным ВВС. Данное обвинение справедливо лишь отчасти, поскольку обороноспособность страны вряд ли повысится, если государство, запрещая продавать самолеты и не выделяя необходимые средства на развитие своей авиационной промышленности, потеряет статус мировой авиастроительной державы. Налицо противоречие, для разрешения которого необходимы глубокие исследования, направленные на поиск компромисса. Этот поиск требует совершенствования методологии исследований по обоснованию технического облика образцов АТ с учетом их поставки на мировой рынок. Изложение методологических особенностей учета потребностей мирового рынка целесообразно начать с мотивации совершенствования методологии исследований данной проблемы.

Мотивация совершенствования методологии формирования авиационных комплексов с учетом потребностей рынка. Авиационные комплексы (АК) каждого нового поколения существенно отличаются от своих предшественников уровнем реализации боевых свойств, присущих их аналогам из предыдущего поколения (например, маневренности), и появлением принципиально новых свойств (например, сверхманевренности). Данная тенденция лежит в основе одной из основных закономерностей развития боевой авиационной техники — непрерывном повышении от поколения к поколению АК их боевых свойств. Эта закономерность особенно прослеживается при создании АТ в интересах ВВС страны-разработчика. Она обусловливается необходимостью обеспечения военной безопасности государства-разработчика, что делает приоритетным наращивание эффективности АК и отодвигает на второй план другие факторы, включая экономические. Из данной закономерности следует, что



БАРКОВСКИЙ
Владимир Иванович —
заместитель генерального
директора ОАО "РСК
"МиГ", директор Инже-
нерного центра "ОКБ им.
А.И. Микояна", кандидат
техн. наук



СКОПЕЦ
Георгий Михайлович —
начальник сектора ОАО
"РСК "МиГ", профессор,
доктор техн. наук



СТЕПАНОВ
Владимир Дмитриевич —
начальник отдела ФГУ
"30 ЦНИИ МО РФ", стар-
ший научный
сотрудник,
кандидат техн. наук

экономить на эффективности образца вооружения опасно в силу значительности возможных последствий. К примеру, расчеты показывают, что при одинаковой исходной численности парка истребителей снижение боевого потенциала истребителя одной из противоборствующих сторон на 10 % может привести к появлению подавляющего превосходства у стороны, вооруженной более эффективными истребителями, уже к 6–7-му вылету. Следовательно, для завоевания господства в воздухе необходимо если не превосходство в боевом потенциале истребителя, то хотя бы его равенство потенциалу противника.

Приведенная выше закономерность одновременно является и основной объективной причиной увеличения стоимости АК нового поколения по сравнению с комплексами предыдущего поколения и продолжительности их разработки. Уровень затрат высокоинтеллектуального труда на создание боевого АК нового поколения, а следовательно, и его стоимость уже достигли размеров, при которых разработка АК превратилась в демонстрацию особых научно-технических и финансово-экономических возможностей отдельных государств мира. Возросшие затраты, в свою очередь, привели к тому, что создание АК в интересах только ВВС страны-разработчика стало чрезвычайно обременительным. В этих условиях при разработке новых образцов АК существенно возросла роль рыночных факторов, таких как конкурентоспособность, потенциальная емкость рынка и др., определяющих объем возможных их поставок на мировой рынок в целях получения определенной компенсации затраченных средств.

Объективная необходимость учета потребностей рынка обусловила актуальность развития в этом направлении методологии и научно-методического аппарата формирования технического облика экспортно-ориентированных АК — авиационных комплексов, разрабатываемых для поставок не только собственным ВВС, но и на внешний рынок. Основным мотивом совершенствования этой методологии является необходимость максимизации объемов продаж АК за рубеж.

Вместе с тем, следует иметь в виду, что рациональный для страны-разработчика технический облик АК в общем случае может оказаться неприемлемым для страны — потенциального покупателя в силу отличия условий оперативно-тактического или экономического плана, что приводит к сужению рынка. Отсюда следует, что основным направлением совершенствования методологии исследований технического облика АК с учетом потребностей рынка должен стать поиск компромисса, т.е. поиск таких решений, которые по-

зволяли бы удовлетворять собственные потребности страны-разработчика и приводили как минимум к сохранению достигнутого объема рыночных поставок.

Компромисс — направление совершенствования методологии. Методология исследований по формированию технического облика АК в общем случае должна определять содержание, последовательность исследований, используемые при их проведении методы и устанавливать информационную связь между различными этапами исследований. В соответствии с системными особенностями объекта исследований формирование его технического облика чаще всего включает два этапа:

этап концептуальных исследований, целью которого является формирование концепции исследуемого АК (основной идеи его создания и боевого применения) на основе системной увязки военных потребностей, научно-технических и производственно-экономических возможностей создания АК, способного удовлетворить эти потребности, а также определения перечня стран — потенциальных заказчиков;

этап обличных исследований, направленных на обоснование рациональных значений тактико-технических характеристик (ТТХ), определяющих боевые свойства АК, его эффективность и стоимость.

Содержание указанных этапов не зависит от того, в интересах какой страны проводятся исследования, поскольку их целью является определение потребности в совершенствовании технической оснащенности ВВС рассматриваемой страны при условии ресурсных ограничений. То есть, страна-импортер (например, Индия) и страна-производитель (например, Россия) могут определять свои потребности в АК по одинаковым методикам, но исходя из различных условий оперативно-тактического и финансово-экономического плана. В этом случае заданным является только уровень развития авиационных технологий, характерный для страны-производителя.

Концептуальные исследования. Формирование концепции АК — это многоуровневая задача, решение которой требует проведения предварительных исследований оперативно-тактического, научно-технического и производственно-экономического плана. Структурная схема исследований приведена на рис. 1. Решение задачи в общем случае начинается с уточнения оперативно-тактических потребностей в совершенствовании технической оснащенности ВВС и вытекающего из нее типоразмерного ряда (типажа) АК, обеспечивающего выполнение заданных задач с необходимой (заданной) эффективностью при минимальных затратах. Задача обоснования рационального типажа может



Рис. 1. Блок-схема методики проведения концептуальных исследований

быть сформулирована следующим образом: найти число типов АК в составе однородной авиационной группировки (АГ) m и распределение численности АГ между типами АК N_j , обеспечивающие решение задач, возлагаемых на род авиации в составе ВВС,

соответствующие минимуму необходимых затрат на перевооружение АГ C_{AG} при заданных ограничениях. В математической интерпретации данная постановка задачи будет выглядеть следующим образом:

найти

$$m, N_j \rightarrow \min C_{AG} = \sum_{j=1}^m C_{1j} N_j \quad (1)$$

при $БП_{1j} \geq БП_{1зад}$; $\sum_{j=1}^m N_j = N_{AG}$; $C_{AG} \leq C_{зад}$ и заданной

частоты решения расчетных боевых задач.

Здесь C_{1j} — стоимость одного АК j -го типа; $БП_{1j}$, $БП_{1зад}$ — боевой потенциал и заданный боевой потенциал одного АК j -го типа соответственно; N_{AG} — суммарная численность АГ; C_{AG} — суммарная стоимость АК, входящих в состав АГ; $C_{зад}$ — заданная (граничная) стоимость АГ.

Постановка типажной (парковой) задачи (1) является одной из возможных. Она применима как к стране — разработчику экспортно-ориентированного АК, так и к стране — потенциальному импортеру. В результате решения этой задачи конкретизируется состав АГ, дефицит боеготовности которой предстоит ликвидировать.

Обликовые исследования. Обоснование рациональных значений ТТХ АК при формировании его технического облика в конечном итоге может быть сведено к поиску среди множества допустимых значений таких ТТХ, которые бы удовлетворяли критерию

$$K_2 = \max(БП_1 / C_1), \quad (2)$$

где $БП_1$, C_1 — боевой потенциал и стоимость одного АК соответственно.

Задача исследований при этом может быть сформулирована следующим образом: найти такие значения ТТХ из области возможных решений, которые бы обеспечивали максимальное значение боевого потенциала АК, приходящегося на единицу его полной стоимости.

Использование дробного критерия для оптимизации значений ТТХ АК требует введения ограничений, не допускающих получения заведомо неприемлемых результатов. В связи с этим неперенным условием оптимизации значений ТТХ при формировании технического облика АК с использованием критерия (2) является ограничение области возможных решений путем проверки:

"идеологического" условия существования АК

$$\mathcal{E} \geq \mathcal{E}_r, \quad (3)$$

где $\mathcal{E}$, $\mathcal{E}_r$ — эффективности АК при рассматриваемых значениях ТТХ и граничная (минимально допустимая) соответственно;

"физического" условия существования АК, определяемого уравнением существования

$$\sum_{i=1}^M \xi_i = 1, \quad (4)$$

где ξ_i — относительная масса i -й подсистемы АК, например планера; M — число подсистем АК.

Область возможных решений будет представлять собой часть гиперпространства, координатами которого являются ТТХ, определяющие при заданной концепции технический облик АК. Данная область ограничена с одной стороны условием недопущения снижения эффективности ниже некоторого предела, делающего разработку АК нецелесообразной — условием (3), а с другой — условием существования (4), проверка которого позволяет исключить из рассмотрения нереализуемые варианты.

При обосновании рационального технического облика в условиях возможной противоречивости требований, предъявляемых к АК со стороны ВВС страны-разработчика и потенциальных импортеров, необходим поиск компромиссных решений. Поиск компромисса, удовлетворяющего все стороны, можно выполнить в процессе исследований, постановка задачи которых приведена ниже.

Постановка задачи поиска компромисса. Принципиальной особенностью решения задач обликовых исследований является то, что после выполнения этапа концептуальных исследований все стороны концепции АК можно считать в достаточной степени конкретизированными. Однако неопределенность в техническом облике при этом продолжает сохраняться. Очевидно, что даже при однозначно сформулированной концепции АК будет проявляться следующая закономерность: чем шире сегмент мирового рынка АТ, на который будет ориентироваться страна-изготовитель, тем более многовариантными и противоречивыми будут тактико-технические требования, предъявляемые к экспортно-ориентированному АК.

Попытка максимального удовлетворения потребностей всех потенциально возможных стран-покупателей в данном случае может привести к серьезному усложнению и удорожанию АК и, как следствие, к снижению его конкурентоспособности. Поэтому задача формирования технического облика экспортно-ориентированного АК помимо оптимизации совокупности ТТХ должна включать уточнение рынка сбыта, определенного на этапе концептуальных исследований.

При формировании технического облика авиационных комплексов, в том числе и экспортно-ориентированных, в качестве критерия оптимизации значений основных ТТХ АК принято использовать ком-

плексные критерии, например максимум боевого потенциала, приходящегося на единицу полной стоимости отдельного АК (2). При этом задача может быть поставлена следующим образом: определить такую совокупность значений основных ТТХ АК x^r , которая обеспечивает его максимальное качество в составе ВВС страны-изготовителя при достижении максимальной конкурентоспособности на мировом рынке и выполнении ограничений на сроки и стоимость создания АК.

Математически эта формулировка может быть записана в виде

$$[\max K_2(x, z_0^*), \{\max K_2(x, z_s^*)\}] \rightarrow x^r \quad (5)$$

при $t(x) \leq t_{\text{зад}}; C_1(x) \leq C_{1\text{зад}}; t(x) \leq t_{\text{зад}}; C_1(x) \leq C_{1\text{зад}}; x \in X; z_s^*, z_s^* \in Z; s = \overline{1, S}$. Здесь x — область допустимых значений основных ТТХ, определяемая научно-технической концепцией АК; Z — множество задач и условий боевого применения; z_s^*, z_s^* — подмножества задач и условий боевого применения АК в составе ВВС страны-изготовителя и s -й страны-импортера соответственно; S — число потенциальных стран-импортеров, определяющее сегмент мирового рынка продаж исследуемого АК; t — время разработки АК; $t_{\text{зад}}$ — максимально допустимое время разработки АК для страны-изготовителя; $t_{\text{зад}}$ — максимально допустимое время завершения адаптации АК для s -й страны-импортера; $C_{1\text{зад}}, C_{1\text{зад}}$ — максимально допустимая полная стоимость АК для страны-изготовителя и s -й страны-импортера соответственно.

Таким образом, главной методологической особенностью обликотных исследований по формированию технического облика экспортно-ориентированного АК является необходимость удовлетворения многовариантных тактико-технических требований различных стран-импортеров, обусловленных отличием их оперативно-тактических потребностей и финансово-экономических возможностей, т.е. необходимость поиска компромисса.

Решение задачи в условиях необходимости компромисса. Сформулированная выше постановка задачи оптимизации значений основных ТТХ экспортно-ориентированного АК отражает многовариантность допустимых решений, что делает ее крайне сложной и трудоемкой. Кроме того, следует ожидать, что в ряде случаев в зависимости от предъявляемых иностранными заказчиками оперативно-тактических и финансово-экономических требований удовлетворение противоречивых потребностей различных стран в рамках вполне опреде-

ленного технического облика АК или вообще окажется невозможным, или приведет к некоему осредненному результату, который не будет удовлетворять ни одну в отдельности взятую страну.

Единственным разумным выходом из этой ситуации является такое решение задачи, при котором многовариантность оперативно-тактических требований и финансово-экономических возможностей различных стран отображается в многовариантность технического облика экспортно-ориентированного АК. Теоретически это оказывается возможным при реализации двух важнейших принципов рационального формирования технического облика экспортно-ориентированного АК:

принципа универсальности, в соответствии с которым определяется технический облик базового АК, в максимально возможной степени удовлетворяющего потребностям всех рассматриваемых стран;

принципа адаптивности, предполагающего в пределах конструктивных возможностей, определяемых базовым техническим обликом, максимальное приспособление экспортно-ориентированного АК под требования конкретного заказчика.

Использование этих принципов в качестве фундамента проводимых исследований позволяет реализовать многоэтапную процедуру оптимизации значений основных ТТХ при формировании технического облика экспортно-ориентированного АК. Основные идеи методики, в основу которой положены указанные выше принципы, приведены ниже.

Формирование технического облика базового АК. Реализация принципа универсальности предполагает на первом этапе формирование технического облика базового варианта экспортно-ориентированного АК (рис. 2). Содержание данного этапа исследований состоит в поиске рациональных характеристик АК $x_{\text{баз}}^r$, которые в максимально возможной степени удовлетворяют потребностям рассматриваемых стран и по сути своей являются компромиссным решением. В свою очередь, задача обоснования рационального базового технического облика, удовлетворяющего потребностям ВВС страны-изготовителя и зарубежного рынка, решается в два этапа.

На первом этапе определяются оптимальные варианты АК для страны-изготовителя и каждой из стран-импортеров. Постановка задачи исследования в этом случае формулируется следующим образом: для каждой s -й страны определить оптимальные значения ТТХ АК x_s^{opt} , которые обеспечивают максимум значения показателя эффективность—стоимость:

$$x_s^{\text{opt}} = \arg \max [K_2(x, z_s^*)] \quad (6)$$

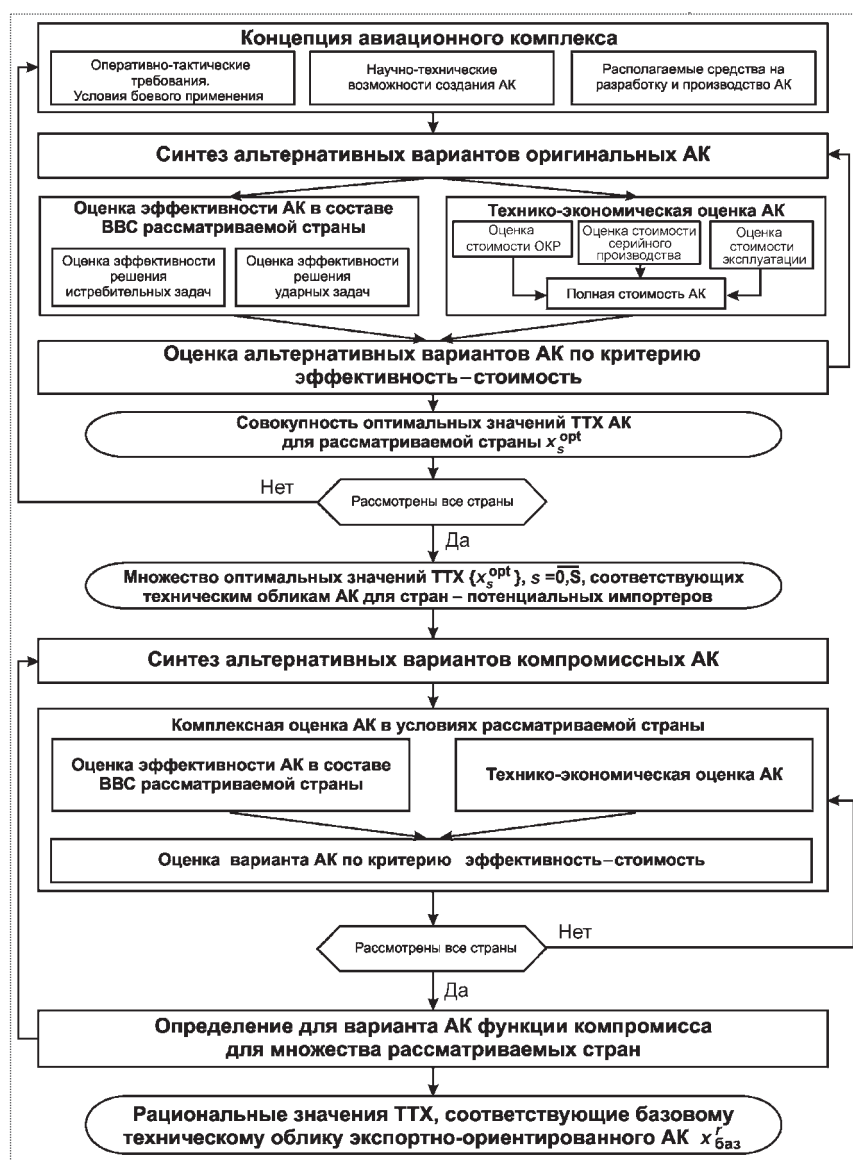


Рис. 2. Структурная схема методики формирования базового технического облика экспортно-ориентированного АК

при условии

$$x \in X; s = \overline{0, S}.$$

Решение задачи (6) для всех рассматриваемых стран позволяет получить множество оптимальных технических обликов АК применительно к оперативно-тактическим условиям каждой страны

$$X_{\text{opt}} = \{x_s^{\text{opt}}\}; s = \overline{0, S}. \quad (7)$$

На втором этапе исследования с учетом наличия множества оптимальных обликов АК (7) решается задача обоснования рационального варианта экспортно-ориентированного АК, в максимально возможной степени удовлетворяющего потребностям и зарубежного рынка, и ВВС страны-изготовителя. С учетом противоречивых в общем случае требований, выдвигаемых различными странами, данная задача является поиском компромиссного решения, которое для каждой отдельно взятой страны не должно быть строго оптимальным, но должно быть приемлемым с точки зрения удовлетворения потребностей всего потенциального рынка сбыта. При этом необходимо учитывать два основных фактора:

возможное снижение качества (значений показателя эффективность-стоимость) АК при использовании в условиях рассматриваемых стран рационального варианта экспортно-ориентированного АК по сравнению с оптимальными для данных условий вариантами АК;

планируемый объем продаж АК для каждой рассматриваемой страны, который может быть потерян при предложении на данном рынке варианта АК, отличающегося от оптимального.

Это оказывается возможным при использовании в процессе поиска рационального решения в качестве комплексного показателя функции компромисса

$$R(x) = \sum_{s=0}^S \left[\frac{N_s}{N_{\Sigma}} \left(\frac{K_2(x_s^{\text{opt}}, z_s^*) - K_2(x, z_s^*)}{K_2(x_s^{\text{opt}}, z_s^*)} \right)^2 V_s \right], \quad (8)$$

$$N_{\Sigma} = \sum_{s=0}^S N_s,$$

где N_s – потенциальный объем продаж экспортно-ориентированного АК в s -ю страну; V_s – степень важности рынка s -й страны, определяемая военно-политическими и другими соображениями.

Функция (8) фактически отражает изменение качества авиационных группировок рассматриваемых стран при включении в их состав компромиссных вариантов экспортно-ориентированных АК по сравнению с группировками из оптимальных вариантов АК.

С учетом выбранного комплексного показателя задача обоснования рационального базового технического облика экспортно-ориентированного АК формулируется следующим образом: определить такие рациональные значения ТТХ $x_{\text{баз}}^r$ экспортно-ориентированного АК, которые обеспечивают минимум значения функции компромисса:

$$x_{\text{баз}}^r = \arg \min R(x) \quad (9)$$

при условии $x \in X$.

Общая схема исследований в соответствии со сформулированными постановками задачи приведена на рис. 2. Однако определенный по минимуму значения функции компромисса для каждой конкретной страны технический облик не будет оптимальным. Его можно улучшить, основываясь на принципе адаптивности.

Адаптация базового технического облика. Для ее обеспечения на каждой итерации после определения $x_{\text{баз}}^r$ решается задача оптимального комплексирования АК в интересах его максимальной адаптации к условиям применения в составе ВВС страны-изготовителя (реализация принципа адаптивности). Блок-схема решения задачи приведена на рис. 3. В результате определяются рациональные значения ТТХ АК, применяемого в составе ВВС страны-изготовителя и разрабатываемого на базе экспортно-ориентированного АК с ТТХ $x_0^{\text{opt}}(x_{\text{баз}}^r)$. Далее осуществляется проверка соответствия полученного АК потребностям ВВС страны-изготовителя. В качестве условия соответствия используется соотношение

$$\frac{БП_1[x^{\text{opt}}] - БП_1[x_0^{\text{opt}}(x_{\text{баз}}^r)]}{БП_1[x^{\text{opt}}]} \leq \Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{max}}, \quad (10)$$

где x^{opt} — оптимальный технический облик АК, сформированный исключительно для удовлетворения потребностей страны-изготовителя; $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{max}}$ — максимально допустимое снижение эффективности экспортно-ориентированного АК в условиях ВВС страны-изготовителя по сравнению с оптимальным для данных условий вариантом АК.

Величина $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{max}}$ фактически определяет "пространство" для компромисса между потребностями ВВС

страны-изготовителя и стран-импортеров. В случае, когда компромисс по каким-либо соображениям невозможен, принимается $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{max}} = 0$ и в качестве базового может быть выбран только вариант АК, комплексирование которого позволит получить технический облик, оптимальный для условий ВВС страны-изготовителя, x^{opt} .

При нахождении компромиссного решения при $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{max}} > 0$ невыполнение условия (10) указывает на невозможность удовлетворения противоречивых требований ВВС различных стран. В этом случае осуществляется уточнение перечня стран-импортеров АК в интересах построения более сбалансированного рынка продаж экспортно-ориентированного АК.

После выполнения процедуры оптимального комплексирования и определения рационального технического облика АК в интересах ВВС страны-производителя осуществляется оптимальное комплексирование АК под требования потенциальных иностранных заказчиков. В результате для s -й страны-импортера определяется оптимальный технический облик АК, создаваемый на базе экспортно-ориентированного АК, $x_s^{\text{opt}}(x_{\text{баз}}^r)$. Далее в целях оценки приемлемости полученного решения проводится оценка конкурентоспособности экспортно-ориентированного АК с характеристиками $x_s^{\text{opt}}(x_{\text{баз}}^r)$ по показателю эффективность—стоимость в условиях s -й страны-импортера.

Неконкурентоспособность АК в условиях s -й страны обусловлена технической невозможностью успешной адаптации базового технического облика экспортно-ориентированного АК к рассматриваемым условиям и указывает на противоречивость требований, выдвигаемых ВВС различных стран. В этом случае определяется проблемный рынок сбыта, успешная продажа АК на котором будет маловероятной. В дальнейшем возможна реализация двух различных стратегий маркетинга:

повышение вероятности заключения контракта на проблемном рынке сбыта за счет факторов экономического, политического и иного характера;

принятие решения на сужение потенциального рынка сбыта в интересах повышения конкурентоспособности АК в оставшихся странах, рассматривающихся в качестве его потенциальных покупателей. В данном случае исследование повторяются вновь начиная с этапа концептуальных исследований.

Итерационное повторение описанной процедуры позволяет в итоге получить рациональный технический облик экспортно-ориентированного АК и его оптимальные комплектации для страны-изготовителя $x_0^{\text{opt}}(x_{\text{баз}}^r)$ и стран — потенциальных импортеров $\{x_s^{\text{opt}}(x_{\text{баз}}^r)\}; s = 1, \bar{S}$.

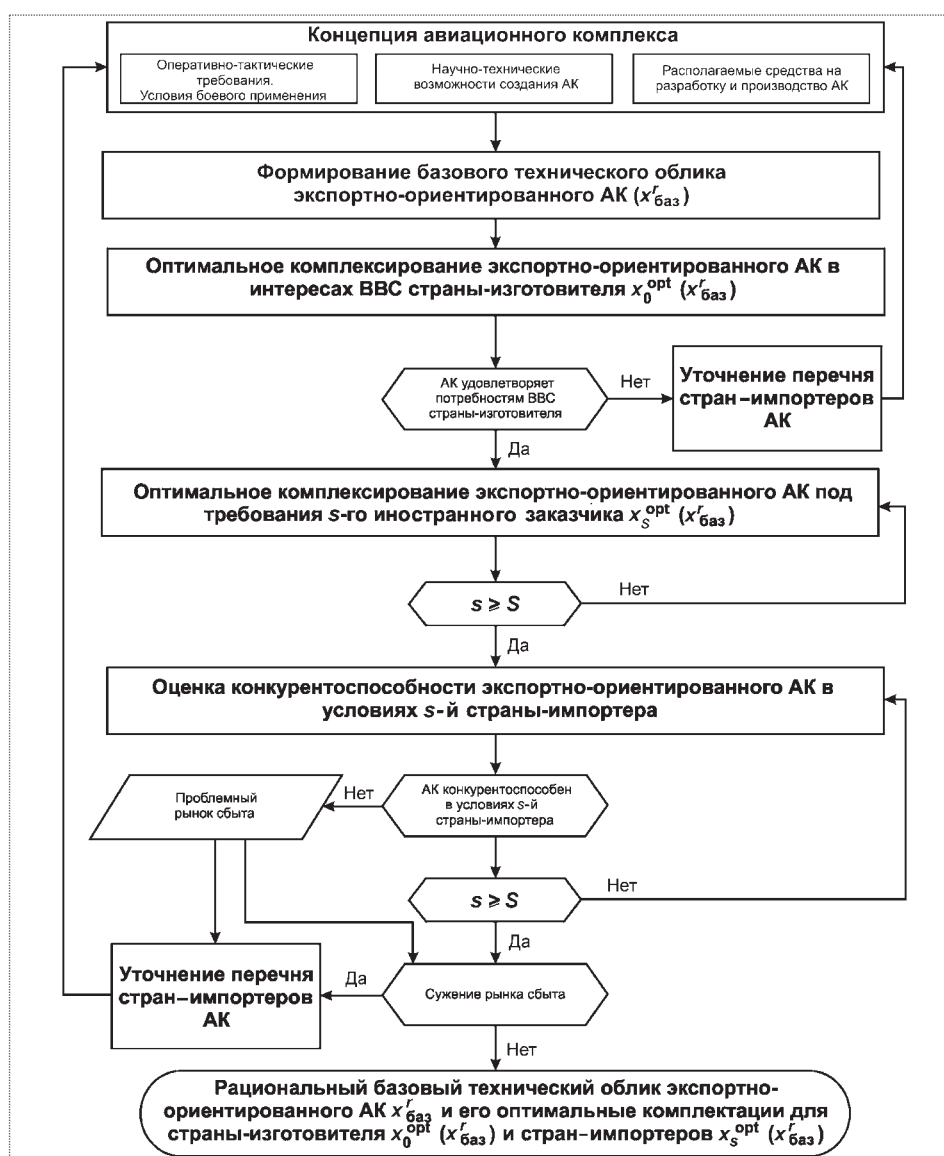


Рис. 3. Процедура формирования технического облика экспортно-ориентированного АК

Таким образом, приведенные выше методологические особенности решения задачи формирования технического облика АК с учетом потребностей зарубежного рынка позволяют обосновать компромиссный базовый технический облик комплекса, возможно, не удовлетворяющий в полном объеме потребностям страны-производителя и ни одной из рассматриваемых стран – потенциальных импортеров. Однако после прохождения процедуры адаптации экспортно-ориен-

тированный АК приобретет облик, в максимально возможной степени удовлетворяющий потребностям мирового рынка авиационной техники.

Литература

Барковский В.И., Скопец Г.М., Степанов В.Д. Методология формирования технического облика экспортно-ориентированных авиационных комплексов / под ред. В.И. Барковского. М.: Физматлит, 2008.

УДК 629.7

Реализация концепции создания перспективных автоматических космических комплексов для научных исследований

Г.М. Полищук, К.М. Пичхадзе, В.В. Ефанов

Представлены современные и перспективные проекты космических аппаратов, предлагаемые ФГУП "НПО им. С.А. Лавочкина" для осуществления планетных и астрофизических фундаментальных научных исследований.

G.M. Polishchuk, K.M. Pichkhadze, V.V. Efanov. Realization Of Perspective Automated Space Complexes Development Concept For Scientific Studies

The article enumerates present-day and future spacecraft projects, the Lavochkin research and production association offers to launch, to carry out planetary and astrophysical fundamental research.

В настоящее время государство уделяет немалое внимание развитию ракетно-космической промышленности, а также космическим фундаментальным и прикладным научным исследованиям. Это отвечает важнейшим интересам страны — созданию диверсифицированной, конкурентоспособной и инновационной российской экономики. В этом отношении ракетно-космическая промышленность несет очень важную системную функцию: она играет роль мультипликатора развития национальной высокотехнологичной экономики, объединяет в себе результаты развития множества других отраслей национальной промышленности, предъявляя к ним при этом высокие требования, стимулирующие переход этих производств на совершенно новый высокий ("космический") технологический уровень.

Одним из приоритетных направлений Федеральной космической программы до 2015 г. (ФКП-2015) является создание автоматических космических средств для фундаментальных научных исследований [1]. Об этом же говорится и в концепции долгосрочного развития РФ, размещенной на официальном сайте Минэкономразвития и торговли в марте 2008 г. В частности, отмечается, что в числе приоритетных направлений государственной политики в области космоса находится подготовка к реализации прорывных проектов в области космических технологий и исследований космического пространства.

Опыт создания высокотехнологичной инновационной техники в различных странах, в том числе и в России, показывает, что решение упомянутых выше задач возможно только подготовленными высококвалифицированными специалистами в области ракетно-космической промышленности. Созданный у нас в предыдущие годы научно-технический и инженерный потенциал позволяет успешно решить поставленные задачи. Однако, по мнению многих, для эффективного выполнения работы эти люди должны иметь внутреннюю мотивацию. Многочисленные примеры убеждают: заставить творить новое, используя только материальные стимулы, невозможно.

Мы считаем, что таким мотивом является создание автоматических космических аппаратов для исследования дальнего космоса, потому что их реализация возможна в



ПОЛИЩУК
Георгий Максимович —
генеральный конструктор
и генеральный директор
НПО им. С.А. Лавочкина,
профессор, доктор техн.
наук



ПИЧХАДЗЕ
Константин Михайлович —
первый заместитель
генерального конструктора
и генерального директора
НПО им. С.А. Лавочкина,
профессор, доктор
техн. наук



ЕФАНОВ
Владимир Владимирович —
заместитель по науке главного
конструктора ОКБ
НПО им. С.А. Лавочкина,
профессор,
доктор техн. наук

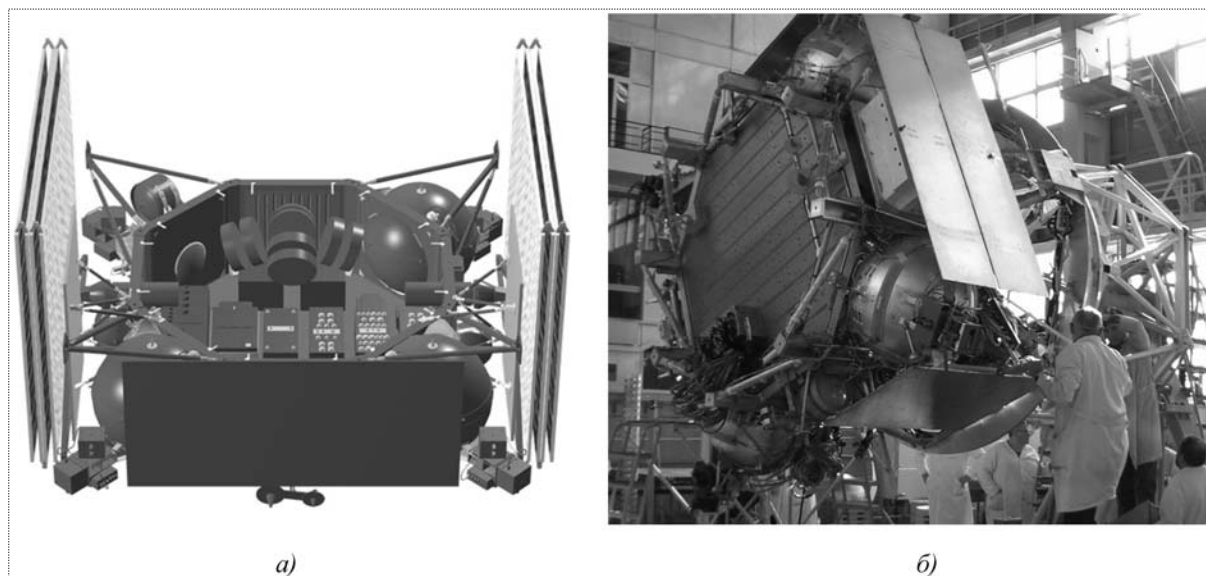


Рис. 1. Орбитальная платформа "Навигатор":
а — рисунок; б — в сборочном цехе

ближайшие 10–15 лет, и итоги этих проектов смогут увидеть их создатели. К таким проектам, безусловно, можно отнести космическую технику, создаваемую НПО им. С.А. Лавочкина.

Наше предприятие с 1965 г. является головным в ракетно-космической отрасли России по созданию ключевых автоматических космических комплексов для фундаментальных научных исследований. Известны достижения нашего предприятия в создании космических средств для изучения Луны, Марса, Венеры, межпланетного пространства, солнечно-земных связей, а также для астрофизических исследований [2].

В соответствии с ФКП-2015 в НПО им. С.А. Лавочкина в настоящее время реализуются проекты по теме "Спектр". Они включают в себя создание космических орбитальных обсерваторий, работающих в радио-, ультрафиолетовом, рентген- и гамма-диапазонах электромагнитного излучения. Для этих КА и перспективных ИСЗ создана новая орбитальная универсальная платформа "Навигатор" (рис. 1), впитавшая в себя последние научно-технические разработки. Она содержит все необходимые служебные системы, расположенные, в основном, на термостабилизированной сотовой панели. В открытом корпусе расположены агрегаты двигательной установки и панели солнечных батарей.

Основные характеристики платформы "Навигатор"

Масса платформы (сухая), кг	650...850
Максимальная заправка (гидразин), кг	700
Допустимая (максимальная) масса полезной нагрузки, кг	2500

Допустимое (максимальное) энергопотребление полезной нагрузки, кг	1500
Тип возможной ориентации	Трехосная
Точность наведения осей, угл.мин	1...2
Скорость переориентации, градус/с	0,25
Амплитуда стабилизации, угл.с	±2,5
Скорость стабилизации, угл.с/с	0,36
Допустимая длительность одного включения двигателя, с	1800
Исполнительные органы	Комплекс двигателей-маховиков

В настоящее время завершается наземная отработка космического комплекса "Спектр-Р". Запуск этой радиообсерватории планируется осуществить в конце 2008 г. Основной целью проекта является создание наземно-космической системы, состоящей из раскрывающейся в космосе 10-метровой антенны и наземной сети крупнейших радиотелескопов мира. Космический радиотелескоп представляет собой высокопрецизионную конструкцию, состоящую из центрального зеркала и 27 трансформируемых лепестков. Такая наземно-космическая система (радиоинтерферометр) по своей разрешающей способности будет эквивалентна гиперрадиотелескопу с диаметром антенны, равным расстоянию между космическим и наземным объектами. Разрешающая способность этой системы составит величину порядка сотысячной доли угловой секунды. Целью такого эксперимента будет нахождение и изучение компактных радиоисточников во Вселенной — квазаров, активных ядер галактик и т.п.

В НПО им. С.А. Лавочкина ведутся интенсивные работы по созданию космического комплекса "Спектр-УФ". Этот комплекс создается усилиями многих стран, по сути это Всемирная космическая обсерватория. Основной полезной нагрузкой комплекса является крупногабаритный космический телескоп с диаметром главного зеркала 170 см для исследования Вселенной в ультрафиолетовом диапазоне излучения. Российский телескоп будет способен "видеть" космические тела с излучением в 20 раз более слабым, чем наблюдаемые самым мощным на сегодня американским телескопом "Хаббл". Причем последний работает на низкой околоземной орбите, за счет чего теряет почти половину наблюдательного времени.

Основными целями проекта являются: исследование физико-химических свойств планетных атмосфер и комет; исследование физики атмосфер горячих звезд и хромосферной активности холодных звезд; исследование свойств пылевых частиц межзвездного и околоземного вещества; изучение природы активных галактических ядер, межгалактических газовых облаков, гравитационных линз и др. Запуск планируется осуществить в 2010 г.

В настоящее время развернута работа над проектом по созданию международной астрофизической обсерватории, предназначенной для изучения Вселенной в гамма- и рентгеновском диапазонах излучения. Он получил название "Спектр-РГ". Эта обсерватория впервые осуществит полный обзор небесной сферы с рекордной чувствительностью и с весьма высоким угловым и энергетическим разрешением в жестком диапазоне энергий. "Спектр-РГ" позволит также обнаружить и исследовать скрытую популяцию из сотен тысяч сверхмассивных черных дыр; изучить переменность излучения сверхмассивных черных дыр, вспышки сверхновых и их эволюции, вести другие исследования. По предварительным оценкам, это обеспечит качественно новое развитие космологии. Запуск планируется осуществить в 2011 г.

Все указанные космические обсерватории создаются на базе одной орбитальной платформы "Навигатор", что значительно повышает реализуемость проектов в планируемые сроки.

Изучение планет Солнечной системы и Луны неизменно занимает важное место в программах научных исследований ведущих космических стран.

В настоящее время в соответствии с ФКП-2015 НПО им. С.А. Лавочкина совместно с широкой научной и промышленной кооперацией в приоритетном порядке создается космический комплекс "Фобос-Грунт". Он является первым этапом предложенной НПО им. С.А. Лавочкина перспективной программы

исследования планет и малых тел Солнечной системы. По нашему мнению, в ближайшие два-три десятилетия реально и наиболее эффективно указанные задачи могут быть решены только автоматическими космическими средствами.

Изучение марсианского спутника Фобоса, отнесенного к потенциальным носителям первородного вещества, из которого образовались планеты Солнечной системы, — одна из важнейших задач современной планетологии. Основная цель рассматриваемой миссии — доставка на Землю образцов грунта Фобоса. Вместе с тем, что не менее важно, в ходе межпланетного перелета и после посадки на Фобос планируется провести порядка 20 научных экспериментов. Это, например, изучение свойств грунта (спектрометрия, определение его оптических, механических свойств и др.), дистанционное зондирование Марса. Научные исследования начнутся с момента подлета станции к планете. Будет проведено исследование Марса с орбиты его искусственного спутника с целью выбора перспективных районов для последующих контактных экспериментов.

Образцы забранного грунта размещаются в возвращаемой капсуле и герметизируются. После обратного старта на поверхности Фобоса останется посадочный модуль с научной аппаратурой для дальнейших исследований на длительный срок. На борту аппарата предусмотрена также установка дополнительной полезной нагрузки. Это китайская автоматическая станция для изучения Марса с орбиты его искусственного спутника.

Общий вид космического комплекса "Фобос-Грунт" показан на рис. 2; на рис. 3 показана схема его полета.

Космический комплекс "Фобос-Грунт" состоит из перелетного и возвращаемого модулей, спускаемого на Землю аппарата, посадочного устройства, грунтозаборного комплекса, двигательных установок, научных и служебных систем. Масса космического комплекса — около 8100 кг.

Старт назначен на октябрь 2009 г.

Вторым и третьим этапами марсианских экспедиций являются:

доставка на определенные участки поверхности малогабаритных научных станций для проведения широкомасштабных исследований (проект "Марс-MetNet");

доставка на Землю грунта с поверхности Марса, поиск воды, биосоединений, рекогносцировка для последующих пилотируемых полетов (проект "Марс-Грунт").

Реализация этих двух проектов представляется возможной в период с 2016 по 2020 г.

Возобновляются после длительного перерыва исследования Венеры. Характерная черта этих экспе-

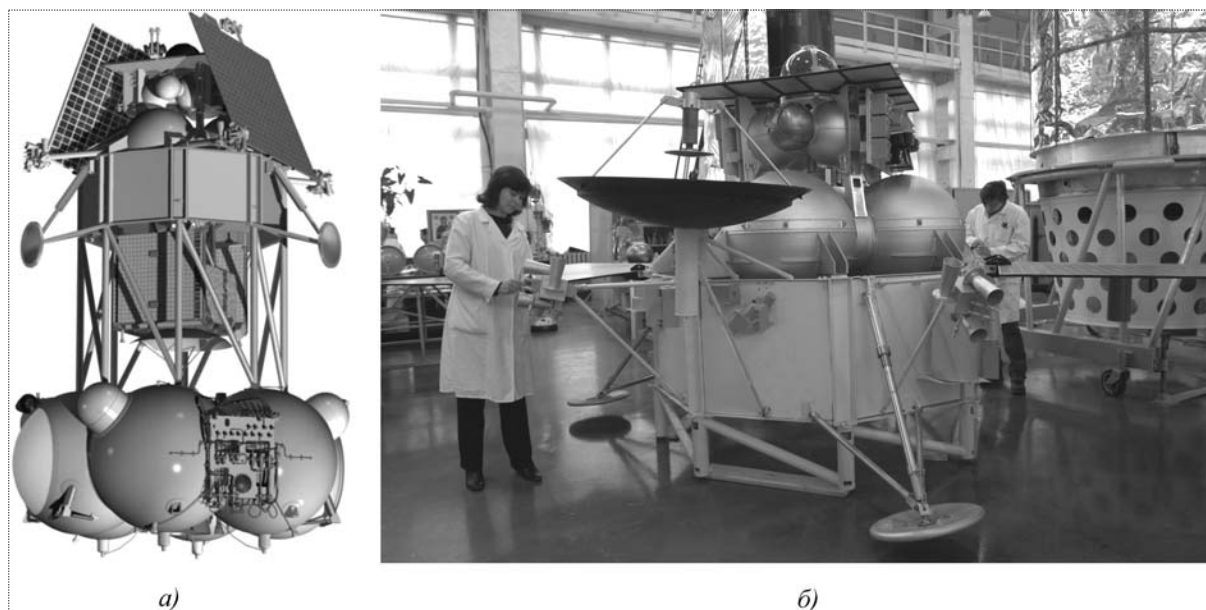


Рис. 2. Космический комплекс "Фобос-Грунт":
а – рисунок; б – изделие для конструкторских испытаний

риментов – их новое качество и их продолжительность (с орбиты ИСВ – не менее 3 лет, на поверхности планеты – не менее 1 месяца). В настоящее вре-

мя в НПО им. С.А. Лавочкина проводится на концептуальном уровне проработка новой экспедиции к Венере.

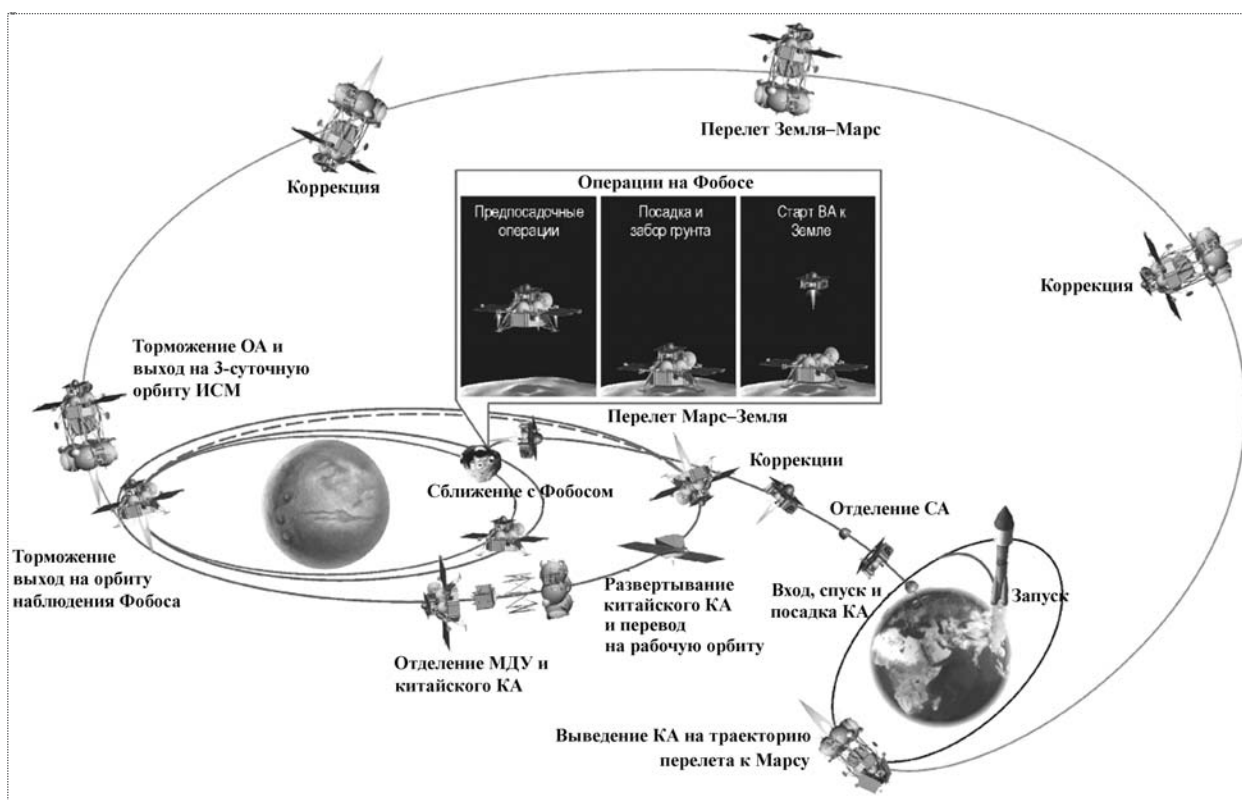


Рис. 3. Схема полета КА "Фобос-Грунт"

В ходе этой экспедиции помимо орбитального аппарата на Венеру будут доставлены аэростатные зонды и спускаемый аппарат. В процессе осуществления этой программы будут исследоваться: химический состав, динамика, термическая структура атмосферы и облаков; состав поверхности на месте посадки с возможным бурением; сейсмика планеты и др. Будут получены изображения поверхности при спуске и с места посадки.

Создание КА "Венера-Д" Федеральной космической программой предусматривается в 2015 г.

В настоящее время все ведущие космические страны вносят в свои перспективные проекты новые исследования Луны. Мотивируется это целесообразностью начала прикладных исследований по освоению лунных ресурсов и созданию внеземных баз как для дальних пилотируемых полетов, так и в качестве полигонов для научных целей, особенно астрофизических. Работы по этому направлению ведутся нами в соответствии с ФКП-2015. Концепция программы изучения Луны предполагает несколько этапов.

Новый национальный проект по указанной программе разрабатывается нашим предприятием и называется "Луна-Глоб". Экспедиция предусматривает изучение внутреннего строения Луны, выяснение существования ядра у естественного спутника Земли и при его наличии определение размера; поиск воды на лунном полюсе в затененном кратере; доставку внедряемых в подповерхностные слои скоростных пенетраторов, а также исследование воздействия на Луну проходящих корпускулярных потоков и электромагнитного излучения (эксперимент "Лорд").

Внедряемые в Луну зонды отделяются от орбитального аппарата, находящегося на низкой эллиптической орбите ($H_n = 25$ км, $H_a = 200$ км). Два пенетратора сбрасываются и внедряются на обращенной к Земле стороне в экваториальной зоне, а два других — в той же зоне, но с обратной стороны Луны, симметрично двум первым. После этого орбитальный аппарат совершает маневр и переходит на рабочую полярную круговую орбиту ($H = 500$ км) и до конца срока активного существования выполняет эксперимент "Лорд".

Масса запущенного КА — около 7100 кг, масса КА на перелете к Луне 2050 кг, срок его активного существования — 3 года. Реализация проекта планируется на 2010–2012 гг. Следующим этапом лунной программы является проект "Луна-Грунт". В отличие от прошлых экспедиций по доставке лунного грунта на Землю, в настоящее время забор образцов грунта необходимо осуществить в строго определенных местах. Эти приоритетные места будут определены космическими комплексами "Луна-Глоб" при рекогносцировке поверхно-

сти с установкой там радиомаяков. Наибольший интерес сейчас представляют приполярные районы и обратная сторона Луны.

Для решения этой проблемы предлагается создание унифицированной посадочной платформы, лунохода с большим радиусом действия, взлетной ракеты, возвращаемого на Землю аппарата, грунтозаборного комплекса со средствами загрузки и хранения доставляемых на Землю образцов лунного грунта, а также навигационное устройство, обеспечивающее высокоточную посадку на радиомаяк.

Это совместный российско-индийский проект. В нем мы разрабатываем посадочный модуль и луноход. Доставку его на Луну планируется осуществить с помощью индийских ракеты космического назначения GSLV и орбитально-перелетного модуля.

Анализ возможностей выполнения такой экспедиции показал, что ее целесообразно осуществить двумя миссиями. В ходе первой в заданный район доставляется тяжелый многофункциональный луноход, оборудованный комплексом отбора, первичного анализа образцов грунта и перегрузки их в возвращаемый аппарат взлетной ракеты. Во второй миссии на Луну доставляется взлетная ракета.

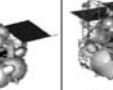
Для обеспечения функционирования лунохода на обратной стороне Луны в состав первой миссии необходимо включить лунный спутник-ретранслятор.

Помимо указанного перед второй экспедицией стоит также задача отработки технических средств для последующих миссий по развертыванию лунного научно-исследовательского полигона. На нем можно отработать технологии добычи и переработки полезных ископаемых до колонизации Луны человеком, воплотить в жизнь мечту ученых по созданию радиоастрономической обсерватории нового класса. Дело в том, что космическое радиоизлучение ниже 10 МГц полностью экранируется земной ионосферой. А если радиотелескоп расположить на обратной стороне Луны, то будут исключены мешающие наблюдениям влияние Земли и радиоизлучения Солнца.

Достижения космической техники и технологии сделали возможными полеты на периферию Солнечной системы, к планетам-гигантам и их естественным спутникам, некоторые из которых имеют атмосферу, что особенно интересно для изучения. Решение таких задач, а также полеты к астероидам (проект "Астероид"), доставка на Землю вещества ядра кометы (проект "Комета-Грунт"), безусловно, относятся к более отдаленной перспективе (за пределами 2015 г.).

При формировании экспедиций к планетам-гигантам особое внимание следует уделять не столько самим планетам, сколько их спутникам. Например, Ти-

Концепция создания космических комплексов на унифицированных платформах и модулях

Унифицированные модули	 Луна-Глоб	 Луноход (Луна-Глоб, второй этап)	 Луна-Грунт	 Марс-MetNet	 Марс-Грунт	 Венера	 Юпитер - Европа	 Астероид	 Комета-Грунт
 ДУ выведения	+	Не требуется	+	+	+	+	+	+	+
	Без изменений		Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений
 Перелетный модуль	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Небольшая адаптация	Адаптация	Адаптация	Удаление избыточности	Адаптация	Удаление избыточности	Небольшая адаптация	Небольшая адаптация	Небольшая адаптация
 Возвращаемый аппарат	Не требуется	Не требуется	+	Не требуется	+	Не требуется	Не требуется	Не требуется	+
			Значительная адаптация		Значительная адаптация				Небольшая адаптация

1. Небольшая адаптация – адаптация унифицированного модуля, связанная в основном только с новой полезной нагрузкой.
2. Адаптация–адаптация унифицированного модуля, связанная с добавлением агрегатов, не вызывающая изменения конструкции и электроники.
3. Значительная адаптация–адаптация унифицированного модуля, связанная с добавлением агрегатов и изменениями конструкции.
4. Удаление избыточности–адаптация унифицированного модуля, связанная с исключением избыточности (таких, как элементы посадки и т.д.)

тан, спутник Сатурна, или Европа, спутник Юпитера, выделяются уникальными физико-химическими и геологическими свойствами. Анализ осуществления предшествующих миссий ("Пионер", "Вояджер", "Кассини" и др.) показал, что самым существенным требованием к конструкции является достижение минимума массы вследствие значительных энергозатрат при полете к границе Солнечной системы. Выбор траектории должен соответствовать продолжительности полета (не более 10–12 лет), так как фактор времени критичен не только для аппаратуры, но и для команд организаторов и научного обеспечения экспедиции такого рода.

Учеными и специалистами НПО им. С.А. Лавочкина в последние два-три года проведена проработка названных планетных проектов. Одних на концептуальном уровне, других на уровне предпроектного системного анализа. Целью проработки являлось создание научно-технического задела для осуществления в будущем дальних космических экспедиций. Основой этих проектов являются проектно-конструкторские и технологические решения, полученные при создании космического комплекса "Фобос-Грунт", а также его отдельные платформы и модули (перелетный модуль, возвращаемый аппарат, двигательные установки и др.). Динамика современного развития мировых космических

исследований показывает, что реализация предложенных проектов автоматических космических комплексов для фундаментальных научных исследований планет, Луны и малых тел Солнечной системы и получение научных данных не должны уходить за пределы 2020–2025 гг. Наша концепция создания таких космических комплексов на унифицированных платформах и модулях обеспечивает решение большинства амбициозных задач до 2020 г. Концепция представлена графически в виде таблицы.

Более подробная информация о предложениях по созданию космических комплексов для научных исследований планет, Луны и малых тел Солнечной системы представлена в [2, 3, 4, 5, 7].

Другим значительным направлением ФКП-2015 по созданию космических средств для фундаментальных исследований является изучение физики Солнца и солнечно-земных связей. НПО им. С.А. Лавочкина в этом направлении реализуются проекты "Интергелиозонд" и "Резонанс". Научными задачами первого проекта являются: изучение проблем нагрева солнечной короны и параметров солнечного ветра на близких от светила расстояниях; исследование происхождения солнечных вспышек и коронарных выбросов – источников изменения космической погоды и др.

Современным развитием программы исследования солнечно-земных связей, проводимых КА серий "Прогноз" и "Интербол", является проект "Резонанс". Он предусматривает создание космической системы из четырех малых спутников на магнитосинхронных взаимодополняющих орбитах.

Основными научными задачами этой миссии являются: длительное наблюдение естественных явлений в выбранной силовой трубке магнитного поля; изучение динамики и режимов магнитного циклотронного мазера; формирование и распад кольцевого тока; заполнение плазмосферы после магнитных возмущений; роль мелкомасштабных явлений в глобальной динамике плазмы и др.

Общий вид КА "Резонанс" и схема его полета показаны на рис. 4.

Создается этот КА на базе малоразмерной унифицированной орбитальной платформы "Карат".

Весьма перспективным направлением является проведение фундаментальных научных исследований с помощью малоразмерных автоматических космических аппаратов (МКА). Одно из основных их достоинств — достаточно высокая мобильность создания. Они относительно недороги, легко модифицируются для выполнения тех или иных экспериментов, могут выводиться в космос ракетами-носителями легкого класса или более тяжелыми сразу по несколько, а также как попутная полезная нагрузка. За один запуск можно создать орбитальную группировку спутников. Применение МКА снижает также масштабы возможных рисков.

Проведенный анализ показал, что из МКА целесообразно формировать многоспутниковые орбиталь-

ные системы, особенно для решения научных задач, предусматривающих одновременное измерение какого-либо параметра во многих точках околоземного космического пространства. Это, в частности, исследования Солнца, солнечно-земных связей, физических явлений в атмосфере, ионосфере и магнитосфере Земли. С помощью этих спутников могут выполняться наблюдения Земли и звездных галактик с орбиты ИСЗ при выполнении фундаментальных и прикладных научных исследований, мониторинг Мирового океана и другие космические эксперименты.

Для практической реализации научных программ посредством МКА в НПО им. С.А. Лавочкина разработана унифицированная орбитальная платформа "Карат" (рис. 5), масса которой с заправкой составляет 96 кг. Она способна нести на себе до 60 кг полезной нагрузки. Точность ориентации — 10 угловых мин. Скорость стабилизации $4 \cdot 10^{-3}$ градус/с. Срок активного существования на орбите — не менее трех лет [6].

ФКП-2015 предусмотрено создание серии МКА, способных выполнять исследования, которые еще недавно были по силам только полноразмерным спутникам. Российской академией наук с участием заинтересованных организаций разработана перспективная программа фундаментальных космических исследований на базе МКА.

В результате комплексного анализа предложенных проектов по степени научной значимости, готовности и другим критериям Российской академией наук и Федеральным космическим агентством принято решение о целевых задачах для первых МКА.

МКА "Зонд-ПП" предназначен для изучения характеристик земной поверхности спутниковым ра-

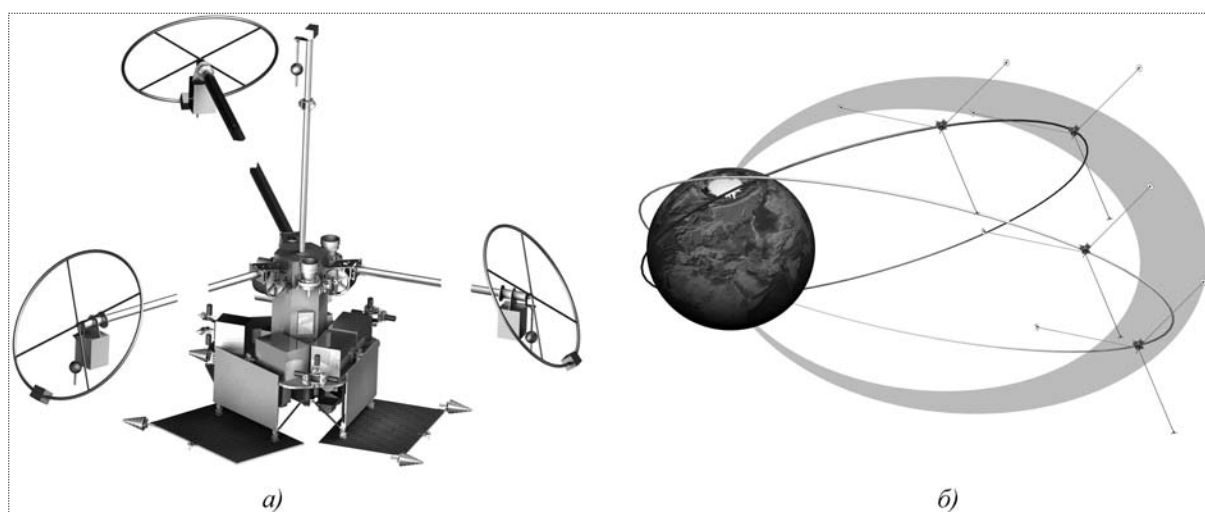
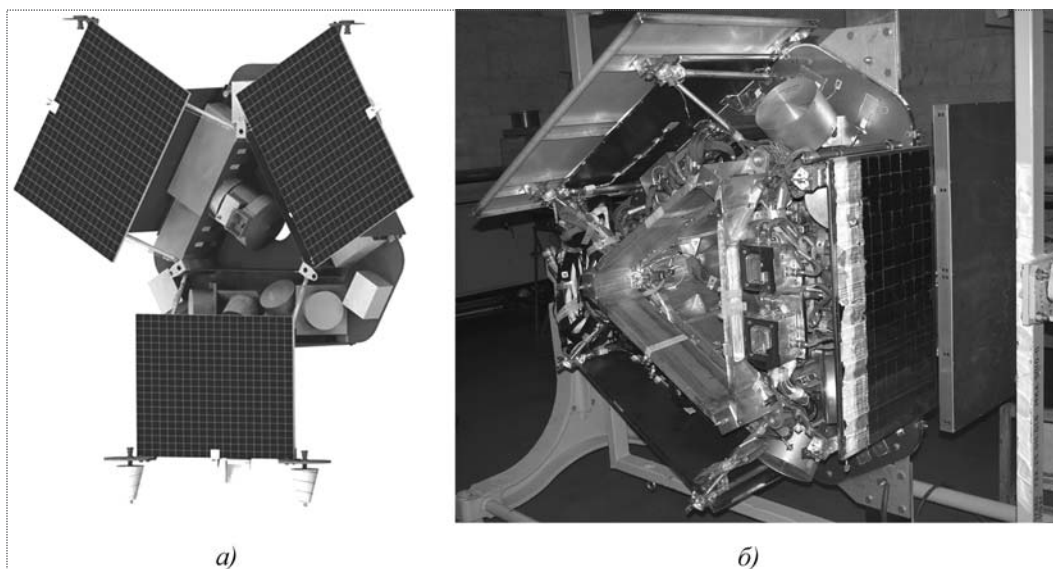


Рис. 4. КА "Резонанс":

а — рисунок; б — схема полета КА "Резонанс"

Рис. 5. Космическая микроплатформа "Карат":

а — рисунок; *б* — в сборочном цехе



диометром L-диапазона, для картирования влажности почв и солености водных акваторий, а также изучения энергообмена системы океан—суша—атмосфера.

МКА "Моника" и "Рэлек". Первый из них предназначен для изучения физических механизмов генерации космических лучей, образующихся в активных процессах на Солнце и в гелиосфере. Второй — для исследования физических механизмов воздействия энергичных частиц солнечного и магнитосферного происхождения на атмосферу Земли.

Помимо указанных практически готовых к реализации экспериментов в институтах РАН идет подготовка еще не менее двадцати космических экспериментов на базе платформы "Карат".

Первый запуск этой платформы с одной из указанной выше полезных нагрузок планируется осуществить в конце 2008 г.

Системный анализ состояния современных научных исследований на базе космической техники, перспективных разработок НПО им. С.А. Лавочкина и предложений институтов Российской академии наук по проведению на их базе широкого спектра фундаментальных научных исследований показал, что их реализация обеспечит России подобающее ей лидирующее место в мировой космической науке.

Список литературы

1. **Перминов А.Н., Давыдов В.А.** Состояние и перспективы космической деятельности Российской Федерации // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2006. № 12.
2. **Космический** полет НПО им. С.А. Лавочкина // под ред. Г.М. Полищука. М.: Блок-Информ-Экспресс. 2007.
3. **Полищук Г.М.** Как дотянуться до Луны // Журнал "Российский космос". 2008. № 4 (28).
4. **Полищук Г.М., Пичхадзе К.М., Ефанов В.В., Моисеев А.А.** Космические аппараты для фундаментальных научных исследований // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2006. № 8.
5. **Полищук Г.М., Пичхадзе К.М., Ефанов В.В., Подобедов Я.Г.** Перспективные проекты автоматических космических комплексов для исследования планет-гигантов и их спутников // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2005. № 7.
6. **Пичхадзе К.М., Моисеев А.А., Мартынов М.Б., Кудряшов В.А.** Унифицированная космическая платформа "Карат" для создания микроспутников научного назначения // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2007. № 8.
7. **Полищук Г.М., Ефанов В.В., Моисеев А.А., Пичхадзе К.М.** Перспективные автоматические космические аппараты НПО им. С.А. Лавочкина для фундаментальных научных исследований // Журнал "Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем". Казань, Дайтона Бич. 2007. № 2 (24), т. 12.
8. **Зеленый Л.М.** 50 лет космической эры: некоторые итоги и перспективы исследований // Общероссийский научно-технический журнал "Полет". 2008. № 1.

УДК 629.7

Эффективность работы предприятий авиадвигателестроения

Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, В.П. Соколов

На примере ММПП "Салют" показаны основные направления повышения эффективности работы предприятия авиадвигателестроения в современных условиях. Поставлены вопросы, которые требуют решения государства для ускорения инновационного развития предприятий.

Yu.S. Eliseyev, V.V. Krymov, V.P. Sokolov. Effectiveness Of Aircraft Engine Building Companies

Based on the Salyut MMPP company's experience, the article describes the ways to improve the effectiveness of aircraft engine enterprises in the present-day situation, and raises issues which should be resolved by the government in order to step up the innovative development of such kind of businesses.

На расширенном заседании Госсовета 8 февраля 2008 г. Президент России отметил необходимость реализации стратегии инновационного пути развития отечественной экономики. Это предполагает опережающее развитие высокотехнологических отраслей, выпускающих наукоемкую продукцию, тотальное внедрение инноваций, повышение конкурентоспособности обрабатывающей промышленности, создание "экономики знаний". Если есть стратегия, то прямая задача ведущих промышленных предприятий страны, и в первую очередь оборонно-промышленного комплекса, сегодня состоит в разработке и внедрении в жизнь тактики достижения намеченных целей. По статистике, 70 % выпуска всей наукоемкой продукции, производимой в России, приходится на отрасли "оборонки", в ней занято более половины научных работников, сосредоточены передовые технологии, трудятся высококвалифицированные инженерно-технические кадры. Как показывает практика, среди основных проблем на пути инновационного развития даже самых успешных предприятий отечественного авиа- и двигателестроения сегодня можно выделить три основных фактора: рост себестоимости и, соответственно, снижение конкурентоспособности выпускаемой продукции; трудности финансового характера в процессе осуществления технического перевооружения и острый дефицит кадров. Без решения этих приоритетных вопросов в совокупности с совершенствованием нормативно-правовой базы и внедрением соответствующих законодательных инициатив невозможно создание главного — благоприятной инновационной среды.

ФГУП "ММПП "Салют" по праву считается одним из эффективных предприятий в области газотурбостроения, и именно на его базе создана одна из первых в отрасли производственных интегрированных структур (ИС). Положительный опыт ее функционирования отмечен при посещении завода Председателем Правительства РФ В.А. Зубковым, главами ряда министерств и ведомств, представителями Военно-промышленной комиссии, руководством столицы. ФГУП "ММПП "Салют" — первое в стране предприятие по производству двигателей для авиации. Недавно оно отметило свой 95-летний юбилей и, по словам В.А. Зубкова, сегодня в полном масштабе "реализует комплекс мер, позволяющих оснастить производство современным станочным и технологическим оборудованием, выполняет самые сложные, перспективные проекты в области авиадвигателестроения". Начало об-



ЕЛИСЕЕВ
Юрий Сергеевич —
генеральный директор,
ФГУП "ММПП "Салют",
профессор, доктор техн.
наук



КРЫМОВ
Валентин Владимирович —
директор по науке ФГУП
"ММПП "Салют", профес-
сор, доктор техн. наук



СОКОЛОВ
Владимир Петрович —
проректор Российского го-
сударственного универси-
тета инновационных тех-
нологий и предпринима-
тельства, профессор, док-
тор техн. наук

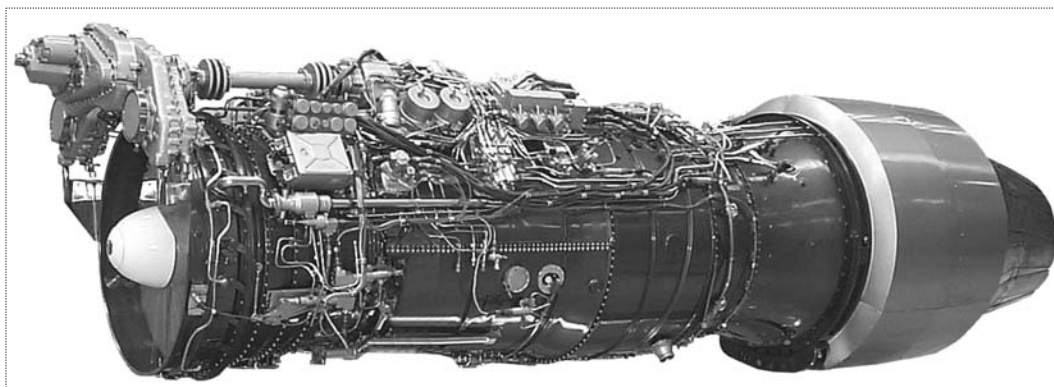
разованию ИС было положено Федеральной целевой программой "Реформирование и развитие оборонно-промышленного комплекса 2002–2006 гг.", утвержденной Правительством РФ 11 ноября 2001 г. В настоящее время, в соответствии с Указом Президента России № 1039 от 11 августа 2007 г. формируется Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-производственный центр газотурбостроения "Салют". В числе первоочередных задач – "концентрация интеллектуальных, производственных и финансовых ресурсов для реализации перспективных программ в области газотурбостроения" в целях дальнейшего развития научно-производственного потенциала России и обеспечения обороноспособности государства.

Структурная перестройка. Благодаря созданию интегрированной структуры и реализации ряда собственных стратегических инициатив "Салют" в короткие сроки прошел путь от монокультурного производства до первого в стране научно-производственного объединения в области газотурбостроения с широким рядом диверсифицированной продукции. На предприятии сосредоточен весь процесс создания наукоемкой продукции: от НИОКР до опытного и серийного производства. Действуют семь конструкторских бюро, девять научно-технологических центров и два института: НИИ двигателестроения и Институт целевой подготовки специалистов по двигателестроению (структура РГТУ-МАТИ им. К.Э. Циолковского). Проектирование, техническое обслуживание и ремонт газотурбинной техники – все осуществляется в рамках комплексной структуры, в едином поле сквозного информационного обеспечения. Существование собственных КБ и НИИД позволяет избежать дублирования функций при создании ГТД, исключает долговременный процесс налаживания взаимоотношений в цепочке КБ – опытное производство – серийный выпуск продукции, упрощает оформление авторских прав и регистрацию интеллектуальной собственности на изделия. В итоге сроки создания нового ГТД от НИОКР до внедрения его в серийное производство сократились с 10 до трех-четырех лет. В состав производственной кооперации помимо головного входят 11 региональных предприятий. Филиалы: ВМЗ "Салют" (г. Воскресенск, Московская обл.), НТЦ МКБ "Гранит", "НИИД" (г. Москва), МКБ "Горизонт" (г. Дзержинск, Московская обл.), завод "Прибор" (г. Бендеры), ОМО им. П.И. Баранова (г. Омск) и акционерные общества: ОАО "НПП "ТЕМП" им. Ф. Короткова" (г. Москва), ОАО "КБ "Электроприбор" (г. Саратов), ОАО "ГМЗ "Агат" (г. Гаврилов-Ям, Ярославская обл.), ОАО "Топаз" (г. Кишинев), ОАО "НИИТ" (г. Уфа).

В основу подобного объединения заложены принципы максимальной эффективности организации производства, снижения себестоимости, минимизации издержек, повышения экономической эффективности разработки и производства вооружений и военной техники, создание оптимальных условий для диверсификации и обеспечение долговременной устойчивой деятельности предприятий ИС. Головное предприятие ИС во многом благодаря своему географическому положению, соседству с основными отечественными научными центрами и вузами, расположенными в Москве, стало главным интеллектуальным центром. Здесь сосредоточены НИОКР и опытное производство высокотехнологичной продукции, формируются стратегические направления развития науки и техники, создается и концентрируется научно-технический задел, осуществляются разработка, производство и доводка опытных образцов, отработка новых технологических процессов, организовано производство и сборка наиболее ответственных высокотехнологичных узлов, систем и изделий. Другие предприятия, вошедшие в состав ИС, заняты в основном серийным производством широкого продуктового ряда в соответствии с конструкторской, технологической и эксплуатационной документацией, разработанной на головном предприятии, в том числе по утвержденным инновационным проектам. Такой подход, что немаловажно, гарантирует выполнение гособоронзаказа предприятиями, входящими в ИС, независимо от рыночной конъюнктуры. Создаются новые рабочие места, сокращаются затраты и время на создание новой техники. К 2015 г. объем производства конечной продукции предприятиями интегрированной структуры "Салюта" может увеличиться в 2,5 раза. Доля гражданской продукции, составляющая сегодня около 20 % от общего объема производства, в ближайшие три-пять лет будет доведена до 45 %. Авиационная тематика составит около 55 % от общего объема выпуска, ГТД для промышленных нужд – 40 %, остальное – товары народного потребления и пр.

Инновационная продукция. Предприятие осуществляет координацию разработок ряда отраслевых институтов и КБ в областях газовой динамики, прочности, материаловедения, создания систем и агрегатов автоматического управления ГТД, топливопитания, электроники и многих других, налажены тесные рабочие связи с ведущими вузами страны. Совместные разработки используются при создании новых и модернизации существующих ГТД. Специалистами НИИДа выполнено более 3100 научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, по-

Двигатель АЛ-31ФМ1 для самолетов семейства Су-27

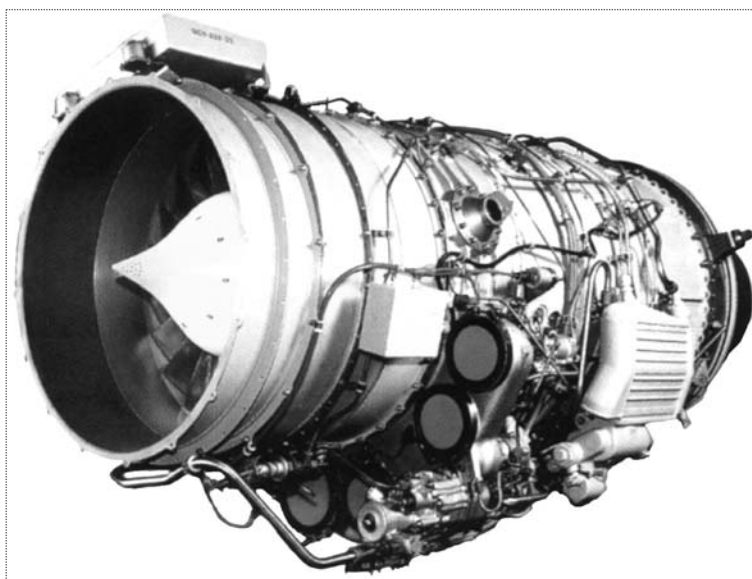


лучено свыше 100 патентов и около 2000 авторских свидетельств. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы проводятся в подразделениях "Салюта" с привлечением ведущих специалистов различных организаций. С каждым годом возрастало финансирование НИОКР, которое ММПП "Салют" осуществляет преимущественно за счет прибыли предприятия. В 2002–2007 г. на эти цели было затрачено 4393 млн руб., в том числе 221 млн руб. из госбюджета (т.е. около 5 % от общего объема вложенных средств). В результате проведенных исследований получен ряд оригинальных решений в области технологии производства современной газотурбинной техники. Они касаются процессов литья, обработки металлов давлением, механической, химической, термической обработок, пайки, сварки, наплавки, ремонта продукции. Много новшеств в области нанесения защитных покрытий, электронно-лучевой и лазерной технологии, упрочнения деталей.

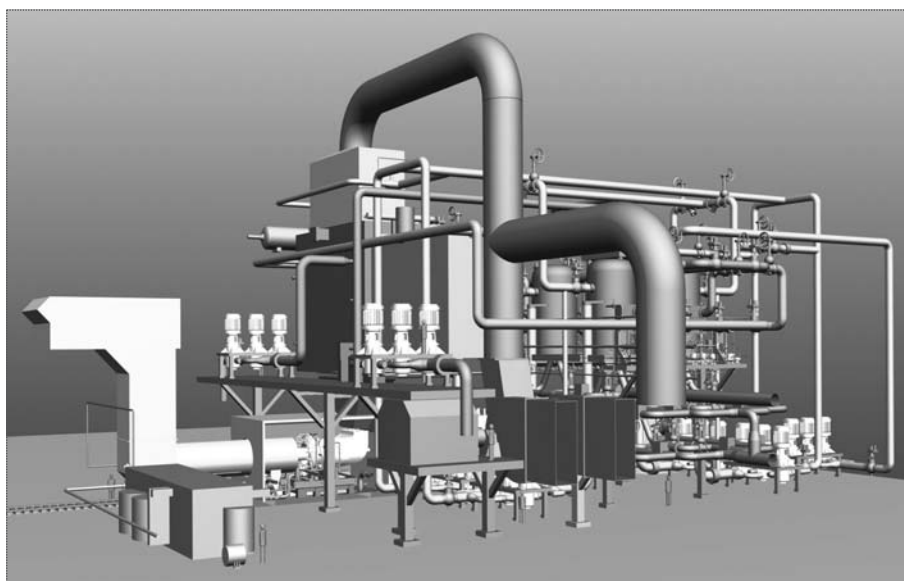
Перспективные проекты включают проведение работ по созданию авиадвигателей нового поколения для ВВС России, конкурентоспособной продукции для гражданской авиации, "наземных" ГТД для промышленных нужд.

В области военной авиации за последние несколько лет предприятием проведен целый ряд работ по модернизации двигателя АЛ-31Ф и созданию его различных модификаций, в частности АЛ-31ФН для КНР. В инициативном порядке за счет инвестиций из прибыли (более 50 млн руб.), без бюджетного финансирования в 2006 г. завершена разработка модернизированного АЛ-31ФМ1. Обновленный авиадвигатель приобрел качественно новые характеристики. Тяга силовой установки увеличена на 1000 кгс, ресурс вырос в два раза. Впервые за 15 лет в нашей стране этот авиационный ГТД прошел го-

сударственные испытания и в 2007 г. принят на вооружение ВВС РФ. АЛ-31ФМ1 серийно поставляется для оснащения модернизированных Су-27СМ, самолетов Су-30, Су-33, Су-34. Проводятся испытания АЛ-31ФМ2 и АЛ-31ФМ3. Путем поэтапной модернизации АЛ-31Ф ФГУП "ММПП "Салют" создает перспективный двигатель с приблизительными параметрами двигателя пятого поколения и отрабатывает на его базе основные модифицированные узлы силовой установки, создавая и поставляя промежуточные варианты двигателя с отдельными усовершенствованными элементами. При этом отработан полный цикл применения современных информационных технологий. На паритетных началах в кооперации с ОАО "Мотор-Сич" и ЗМКБ "Ивченко-Прогресс" (Украина) в короткие сроки создан авиадвигатель АИ-222-25 для учебно-боевого самолета Як-130. Разработано несколько предложений по дальнейшей модификации этой силовой установки с возможностью оснащения системами управ-



Двигатель АИ-222-25 для УБС Як-130

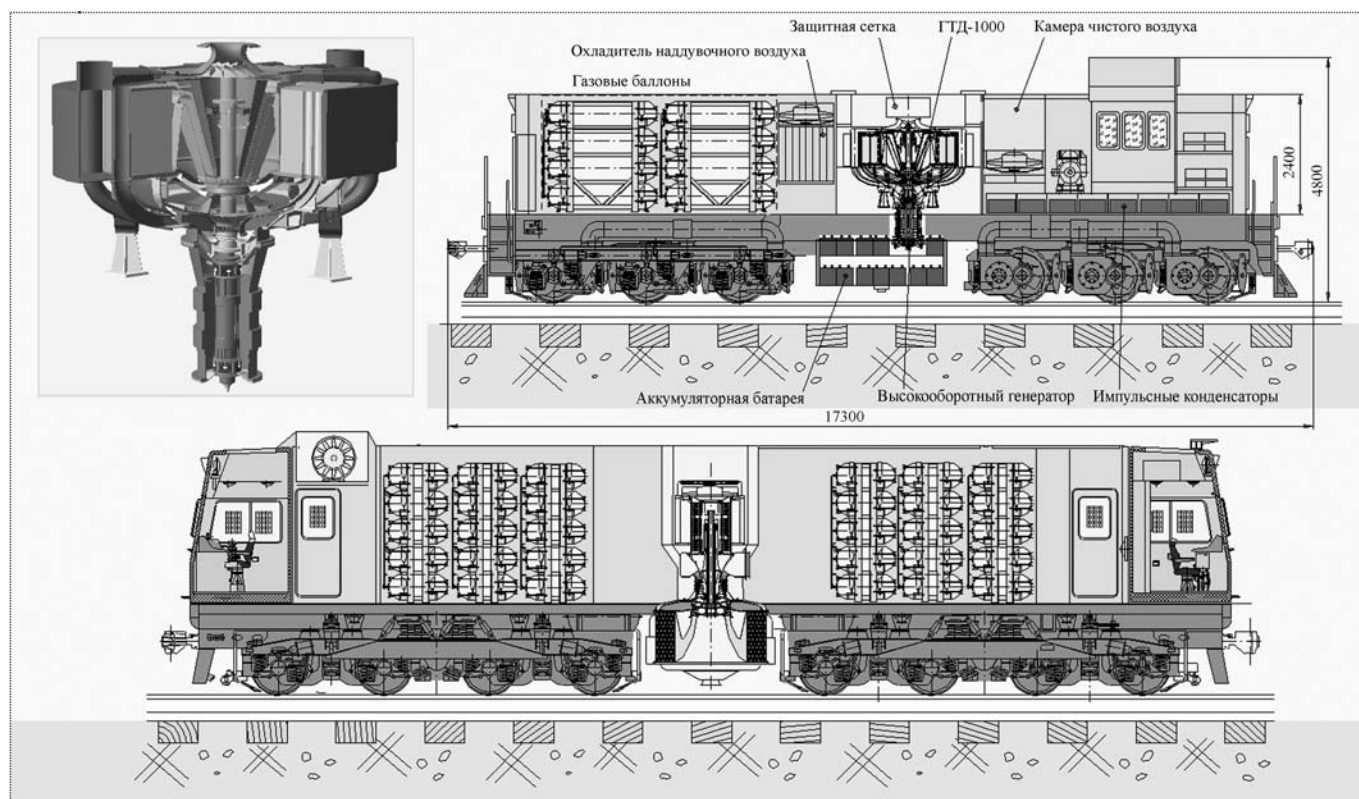


Парогазовая установка ПГУ-60 мощностью 60 МВт

ления вектором тяги в различных вариантах. Заключаются ее государственные испытания, серийно изготовлены 25 двигателей, 10 из которых собраны ФГУП ММПП "Салют".

Для нужд гражданской авиации в кооперации с ОАО "Мотор-Сич" организовано производство модулей для турбореактивного двухконтурного двигателя Д-436Т, предназначенного для самолетов Ту-334, Як-42, Ан-72, Ан-74, Бе-200. Для оснащения высокоэкономичных пассажирских и транспортных самолетов с улучшенными взлетно-посадочными характеристиками налажен выпуск узлов маршевого винтовентиляторного двигателя Д-27. Сотрудничество в области создания и производства авиадвигателей для гражданских самолетов оправдало себя практикой рыночного спроса, и перспективы его, с учетом планов выпуска авиатехники до 2025 г., утвержденных Объединенной авиастроительной корпорацией, будут только расширяться. В настоящее время ФГУП "ММПП "Салют", ОАО им. П.И. Баранова (г. Омск), предприятием "Металлист" (г. Самара), ОАО "Мотор-Сич" и ЗМКБ "Ивченко-Прогресс" достигнуто принципиальное соглашение о начале совместных работ по созданию перспективного авиадвигателя для нового российского среднемагистрального самолета МС-21. Цель этой кооперации — сосредоточить собственные ресурсы предприятий, объединить усилия, опыт и производственные возможности с надежными, проверенными партнерами, что без акцента на государственную помощь и финансирование позволит максимально сократить сроки реализации проекта силовой установки нового поколения для гражданской авиации.

Важное место в ряду инновационной продукции "Салюта" сегодня занимает "наземная" тематика. В середине 1990-х гг. в рамках реализации стратегии диверсификации производства было создано авиадвигателестроительное КБ, затем, в результате оценки рыночного спроса, организовано "наземное" подразделение, способное выполнять работы по созданию промышленных и транспортных газотурбинных двигателей. На сегодняшний день ФГУП "ММПП "Салют" спроектирован и изготовлен широкий спектр различных ГТД и установок для энергетики, газовой промышленности и транспорта. Серийно поставляются газотурбинные энергетические установки ГТЭ-20С, осваивается выпуск установок мощностью от 1 до 120 МВт. На базе ГТУ-89СТ-20 разработки и производства ФГУП "ММПП "Салют", в основу привода которой положен авиадвигатель Ал-21, на Ямбургской ГТЭС-72 построена блочная газотурбинная электростанция БГТЭС-20С. Ряд ГТД-20С будет поставлен на экспорт по заказу Нигерии. Для энергетической отрасли разработана экономичная парогазовая установка контактного типа ПГУ-60С (МЭС-60) номинальной мощностью 60 МВт с впрыском пара, не имеющая аналогов в России. Парогазовый энергоблок ПГУ-60С предназначен для комбинированной выработки электрической и тепловой энергий путем утилизации тепла выхлопных газов. Его отличительная особенность — высокий коэффициент использования топлива — более 95 %, при электрическом КПД 52 %. Достигнуто значительное сокращение концентрации вредных веществ при работе на природном газе — менее 50 мг/м³. Закончен монтаж и ведутся наладочные работы установки на ТЭЦ-28, филиале АО "Мосэнерго".



Газотурбинный двигатель ГТД-1000С для локомотивов и варианты его применения

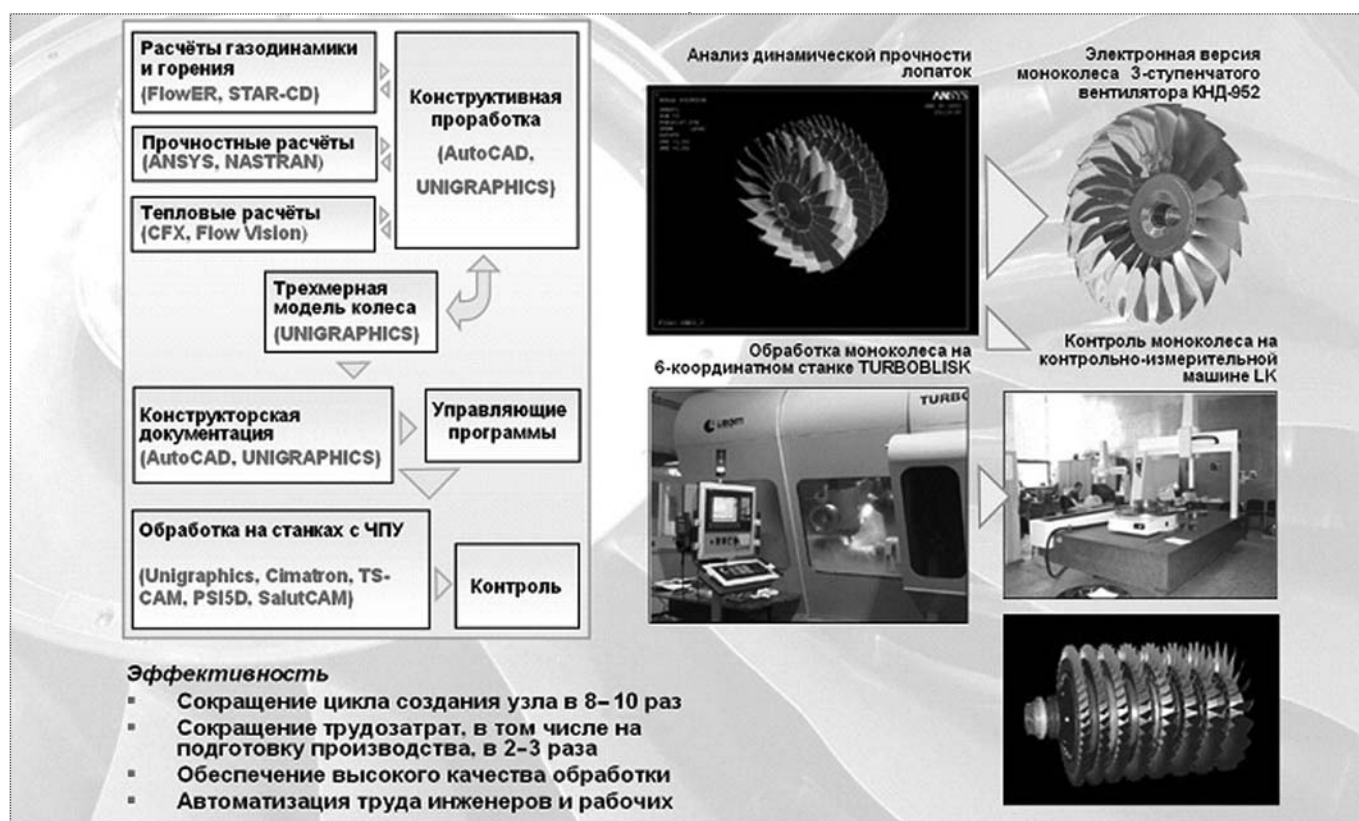
Кроме того, заказаны три установки МЭС-60 для модернизации энергетической системы г. Омска.

Для нужд топливно-энергетического комплекса (ТЭК) "Салют" предлагает создание, производство и последующее техническое обслуживание стационарных энергетических и газоперекачивающих установок: ГТД-12С, ГТД-16С, ГТД-20С, ГТУ-20С, ГТУ-1С и др. Есть перспективный проект-предложение создания установки ПГУ-500С мощностью 500 МВт. Результатом сотрудничества ФГУП "ММП "Салют" и ОАО "СВЕРДНИИХИММАШ" стало создание опреснительных установок "Каскад", позволяющих получать дистиллированную воду из морской в промышленных объемах. Потребность рынка в таких установках в стоимостном выражении составляет несколько миллиардов рублей.

Проводятся стендовые испытания газотурбинного двигателя ГТД-1000С, созданного по заказу ОАО "РЖД" и Минтранса. Этот двигатель в будущем, возможно, станет основой для модернизации локомотивов на железных дорогах России. На базе инновационных разработок ГТУ регенеративного типа для маневрового и магистрального турбовоза мощностью от 1 до 5 МВт с коэффициентом полезного дей-

ствия более 42 % создаются ЭГТУ блочных газотурбинных электростанций, предназначенных для распределенной выработки электроэнергии на местах. Они могут быть востребованы для объектов с небольшим потреблением электроэнергии: супермаркетов, гостиничных комплексов, предприятий легкой промышленности. Кроме перечисленных разработок ведется работа над целым рядом перспективных проектов: над ГТД мощностью 360 кВт для автотранспорта, двигателем МД-120 для беспилотных самолетов-мишеней, газоперекачивающими агрегатами мощностью 10...30 МВт, парокompрессорной установкой для производства бинарного льда, дожимным компрессором, реверсивными ГТД мощностью 10...30 МВт для ВМФ, установкой для озонирования сточных вод, 5–6-координатными обрабатывающими центрами с ЧПУ.

Техническое перевооружение. Создание современных конкурентоспособных ГТД возможно только при условии внедрения передовых информационных CALS-технологий поддержки всего жизненного цикла изделий, интенсивном использовании систем автоматизированного проектирования, расчета, управления проектами на этапах конструирования, подго-



Информационное обеспечение создания и производства моноколес компрессора низкого давления с широкохордными лопатками

товки производства, изготовления, испытаний, сопровождения в эксплуатации и ремонта.

На предприятии создано единое информационное пространство НИОКР и технологических процессов производства, объединяющее используемые CALS-технологии во взаимосвязанную среду за счет интеграции систем и преемственности информации, отражающей все этапы создания изделия. Используются современные программные продукты и аппаратные средства вычислительной техники — телекоммуникационная инфраструктура, объединяющая 4500 персональных компьютеров предприятия и его филиалов в единую корпоративную компьютерную сеть. Проектирование новой техники компьютеризировано практически на 100 %. То же относится к управлению качеством продукции и подготовке кадров по информационным технологиям. Информационные технологии применяются при испытаниях продукции. Разработана ИТ-система учета дефектов. Эксплуатирующим организациям данные передаются в интерактивном виде.

Использование CALS-технологий позволило ММПП "Салют" за короткое время пройти путь от

первых линий чертежей модифицированного двигателя АЛ-31ФМ1 для самолетов семейства Су-27 до успешных государственных испытаний и первых полетов самолета с этим двигателем, способствовало полноценной организации производства промышленных ГТУ. Сделало возможным создание эффективной системы управления предприятием как Федеральным научно-производственным центром. От начала проектирования до испытаний авиадвигателя для УБС Як-130 прошло два года и три месяца. Без применения информационных технологий этот процесс занял бы порядка восьми-десяти лет. Всеракурсное сопло с регулируемым вектором тяги благодаря CALS-технологиям тоже было создано в сжатые сроки. Проведены его стендовые и летные испытания, сегодня оно готово к серийному производству. Газодинамические и прочностные расчеты сделаны с помощью компьютерных программ.

Внедрение информационных технологий в проектирование и производство, например, при создании моноколеса компрессора ГТД с широкохордными лопатками в процессе модернизации двигателя АЛ-31Ф, обеспечивает высокое качество обработки деталей и

сокращает цикл создания узла в восемь-десять раз. За счет автоматизации труда инженеров и рабочих в два-три раза снижаются трудозатраты, в том числе и на подготовку производства.

С помощью информационных технологий и станков с ЧПУ на предприятии компьютеризирован труд инженеров и рабочих. Все основное производство лопаток, дисков, химико-термическая обработка деталей проводится с помощью оборудования с ЧПУ. На заводе есть литейное, термическое, кузнечно-прессовое, сварочное, механообрабатывающее, станкостроительное и инструментальное производство. В литейном производстве внедрение инновационных технологий позволило в короткие сроки проходить путь от математической модели детали к опытным образцам: проводятся создание 3-D модели отливки, изготовление оснастки и опытных образцов, осуществляются контроль геометрии и цветная дефектоскопия. В серийном производстве они используются при изготовлении стержней, восковых моделей и керамических форм, плавке и заливке, горячем изостатическом прессовании деталей. Для упрочнения деталей зубчатых колес, обойм, валов ТВД применяется ионная химико-термическая обработка. При помощи лазерных технологий на предприятии осуществляют раскрой листового металла, зачистку керамических литевых стержней лопаток ГТД, термообработку и маркировку, обработку корпусных деталей. Освоен и внедрен на практике метод лазерной сварки с поддувом защитного газа.

Применение рабочих моноколес-блисков в авиационном двигателестроении имеет значительное преимущество по сравнению с использованием сборных конструкций. С целью увеличения ресурса работы блисков специалисты НИИД совместно с инженерами ММП "Салют" разрабатывают технологии и оборудование для упрочнения входных и выходных кромок моноколес с помощью высококонцентрированных импульсных потоков энергии: ионно-лучевых и ионно-плазменных, а также с использованием ультразвуковых установок SONATS.

На базе ММП "Салют" создан цех по изготовлению деталей из неметаллических материалов, предприятие возобновило уни-



Пятикоординатный машинный центр ТФЦ-1200-5 производства ММП "Салют"

кальное в России производство, и сегодня поставляет графитовые материалы на ОАО "УМПО", ОАО "ММП им. В.В. Чернышева", ОАО "Красный Октябрь" (г. Санкт-Петербург), ГП "НПКГ "Зоря-Машпроект" (г. Николаев), ОАО "Сатурн" и др.

В условиях стагнации отечественного станкостроения производство собственных пятикоординатных машинных центров для "Салюта" стало требованием времени. Техническое перевооружение производства необходимо, но стоимость ввозимого оборудования с учетом выплат по кредиту, НДС и импортной пошли-



Установка "Салют-60" для ионной химико-термической обработки деталей

ны увеличивается на 30...40 %. МСЗ "Салют" изготовил опытную партию пятикоординатных машинных центров ТФЦ-1200-5 для обработки крупногабаритных деталей; стоимость изготовления таких центров по сравнению с зарубежными аналогами составляет около 80 %. Всего за последние два года изготовлена 71 и модернизирована 21 единица оборудования, в том числе станки и центры с ЧПУ, электрохимические установки, оборудование для ХТО: ТФЦ-1200-5, ЭХШ-01, МШ-204, МШ-350С (-500С, -504С), "Салют-60М", РОСТ-300 и др. Но потребность в такой технике с каждым годом растет и не может быть удовлетворена полностью за счет собственного производства.

Экономика и конкурентоспособность. На расширенном заседании Совета директоров оборонных предприятий г. Москвы, состоявшемся в феврале 2008 г. на базе ФГУП "ММПП "Салют", обсуждались проблемы, остро затронувшие сегодня даже самые стабильные, по данным последних лет, организации ОПК. Ситуация на всех предприятиях авиадвигателестроения сложная. Одна из основных причин — инфляция и резкий, неконтролируемый рост цен на металлы, используемые в производстве ГТД. Цена, например, на никель с 2001 г. увеличилась в 9 раз, кобальт — в 3,6, титановый лист в 4,3 раза. Затраты на энергоресурсы для предприятий ОПК выросли следующим образом: на авиационное топливо — в 3,1 раза, электроэнергию — в 3,9, газ в 4,5, кислород в 8, тепловую энергию — более чем в 6 раз. При этом доля комплектующих и сырьевых материалов в себестоимости производства ГТД возросла с 40 до 70 % при сравнительно небольшом изменении экспортной цены. В связи с падением курса доллара особенно трудно сегодня предприятиям, деятельность которых связана с экспортом, а заключенные несколько лет назад валютные сделки по тем или иным причинам не хеджировались. "Салют" 80 % продукции поставляет на экспорт и работает по долгосрочным контрактам в долларовом исчислении. С одной стороны, рублевая цена изделий падает, с другой — одновременно происходит резкий рост их себестоимости, и подошло то время, когда эти показатели сравнялись. Кроме того, на предприятиях отечественного авиадвигателестроения сегодня наблюдается значительное замедление роста производительности труда.

Отсутствие прибыли приводит к дальнейшему отставанию технического оснащения отечественных предприятий от ведущих зарубежных фирм, производящих вооружение и военную технику. Для ускоренного обновления производственных мощностей необходимы немалые финансовые средства. До января

2001 г. существовало положение, в соответствии с которым средства, направляемые на техническое перевооружение, освобождались от налогообложения, но не более чем на 50 % и при условии полного расхода амортизационной части. "Салют", например, полностью использовал эти рычаги и механизмы. Из 35 % налога на прибыль 17,5 % направлялось на инвестиции в развитие производства. Сегодня же налог на прибыль составляет 24 % без каких-либо льгот. Такое решение нелогично, тем более, что на многих предприятиях ОПК износ основных фондов достигает 70 %. Уже сегодня на государственном уровне необходимо принятие комплекса мер, направленных на ускоренное техническое перевооружение, внедрение современного оборудования и прогрессивных технологических процессов, увеличение производительности труда. Необходима государственная поддержка предприятий ОПК в виде долгосрочных кредитов при существенном снижении ставок НДС и таможенных пошлин при приобретении технологического оборудования, не имеющего равнозначного аналога в России. Целесообразно уменьшение налогооблагаемой части прибыли и предоставление предприятиям ряда налоговых льгот для образования специальных внутренних фондов развития, используемых для технического перевооружения производства и создания новой инновационной продукции, включая затраты на НИР и ОКР.

Кадры. Только в промышленности Москвы по статистике сегодня не хватает более 60 тыс. рабочих и инженерно-технических работников. В современном двигателестроении требуются специалисты самой высокой квалификации. Это относится и к рабочим, и к инженерам. Более того, в настоящее время многие рабочие имеют не только среднее, но и высшее техническое образование, необходимое им для эффективной работы, в том числе на станках с числовым программным управлением, быстрого освоения передовых CALS-технологий в производстве ГТД.

Подготовка квалифицированного персонала — одна из стратегических задач предприятия. Специалистами "Салюта" разработана и внедрена система непрерывного профессионального образования школа—колледж—вуз—предприятие. В целом 52 % его работников имеют высшее и среднее профессиональное образование. Средний возраст ИТР — 42 года, рабочих — 44, руководителей — 49 лет. В подготовку и повышение квалификации специалистов инвестируется более 30 млн руб. в год из собственной прибыли. На предприятии сегодня работают 15 докторов технических наук, 122 кандидата наук, 36 профессоров, доцентов и старших научных сотрудников. 102 со-

трудника являются аспирантами ведущих технических вузов и отраслевых НИИ.

Как показывает опыт, задачу подготовки квалифицированных кадров для отечественной промышленности можно обеспечить только при условии тесного сотрудничества учебных заведений и промышленных предприятий при поддержке государства и региональных органов власти. Система подготовки персонала, разработанная ФГУП "ММПП "Салют", включает активное участие предприятия в профессиональной подготовке рабочих, в среднем профессиональном и высшем образовании и повышении квалификации специалистов через аспирантуру вузов.

Первый блок образовательной системы "Салюта" подразумевает формирование ранней профессиональной ориентации школьников выпускных классов средних школ, предоставление им возможности получения профессионального образования и рабочих профессий через систему технических лицеев (училищ), колледжей (техникумов) и заводского Центра ускоренной подготовки рабочих. С девятью колледжами заключены специальные договоры, с учащимися проводятся дополнительные занятия, они знакомятся с технологиями производства. У "Салюта" шесть подшефных школ и лицей. Ежегодно на предприятии проводятся дни открытых дверей, есть клуб авиастроителей, где уже в юном возрасте школьников приобщают к авиации и промышленности.

Вторая часть образовательной программы направлена на подготовку будущих молодых специалистов к поступлению в вуз и получение высшего инженерного образования. Например, выпускники лицеев и колледжей с начальной и средней профессиональными подготовками имеют возможность получить образование следующего уровня в профильных образовательных учреждениях по ускоренным программам обучения. В рамках предлагаемой схемы организации профессиональной образовательной системы колледжи и вуз совместно с предприятием занимаются профессиональной ориентацией учащихся 9–11 классов школ, привлекают ведущих специалистов предприятия к преподавательской деятельности, организации производственных тематических экскурсий, руководству курсовым и дипломным проектированием. Успешное функционирование данной системы профессиональной подготовки, с одной стороны, базируется на тесных связях колледжа и вуза со школами, с другой, — на взаимодействии с промышленным предприятием. Ее организация не требует дополнительных материальных затрат, выгодна каждо-



Подготовка рабочих в учебном цехе

му ее участнику и может быть реализована на региональном уровне.

Постановлением Правительства Москвы с целью повышения профессиональной подготовки рабочих кадров объединены начальное и среднее профессиональное образование. Анализ учебных планов подготовки специалистов со средним профессиональным образованием, проведенный специалистами "Салюта" на базе двух подшефных базовых колледжей — ПК-19 и МКМ (Московский авиационный моторостроительный колледж), выявил дублирование учебных программ. Исследования показали — введение "сквозной" двуступенчатой программы при получении среднего специального образования позволило бы сократить до полутора лет общий цикл обучения без ущерба для подготовки квалифицированных специалистов. Первая ступень, три года — это время подготовки квалифицированного рабочего, следующий этап — получение диплома техника. Колледжи сегодня должны готовить по заявкам предприятий образованных, квалифицированных рабочих с дипломом техника. Такие специалисты востребованы промышленностью.

В 2004 г. "Салют" выступил с программой создания на базе предприятия экспериментального Центра ускоренной подготовки рабочих, предусматривающей, в частности, подготовку в течение 3,5 месяцев рабочих начальной квалификации из числа военнослужащих, уволенных в запас, студентов колледжей соответствующих специальностей и других категорий населения, не имеющих специальности. Правительство Москвы и Департамент образования поддержали эту инициативу, и в 2005 г. на предприятии

создан и функционирует Центр ускоренной подготовки рабочих.

Следующая проблема — дефицит инженеров в реальном производстве. Сегодня менее 30 % выпускников московских технических вузов, в том числе самых престижных, идут работать по специальности. При обучении на бюджетной основе государство несет перед студентом ответственность, затрачивая на его образование немалые средства. Системы распределения молодых специалистов теперь нет. В итоге, получив диплом за счет государства, они зачастую работают в инофирмах, на конкурентов отечественной промышленности. Назрела объективная необходимость внесения дополнений и изменений в закон об образовании. Существует Постановление Правительства РФ "О целевой контрактной подготовке специалистов с высшим и средним профессиональным образованием", но форма заключения контрактов определена в нем на добровольной основе. Как показывает практика, такая система не эффективна. В Москве сегодня около 300 государственных и коммерческих вузов, при этом промышленные предприятия по-прежнему испытывают острый дефицит кадров. Из выпускников 2006 г. ФГУП "ММПП "Салют", например, удалось привлечь только 100 человек, а предприятию требуется 500.

С целью решения кадровых вопросов при ФГУП "ММПП "Салют" создан Институт целевой подготовки специалистов в области двигателестроения — структура МАТИ им. К.Э. Циолковского. Организационная и учебная работа с персоналом предприятия проводится на двух факультетах: № 1 — факультет подготовки и повышения квалификации ИТР и № 2 — факультет подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих кадров. В заводском институте работает семь филиалов кафедр: МИСиС, МАТИ (два филиала), МАИ, СТАНКИНа, РГУИТП, МАМИ, что позволяет конкретизировать подготовку инженеров с учетом специфики предприятия. ИЦПС сотрудничает с 12 вузами, в том числе с МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУ им. М.В. Ломоносова, МАИ, МГАПИ, МФТИ, МГТУГА. За последние три года в нем прошли обучение более 10 тыс. человек, включая студенческие практики и курсы повышения квалификации. Для закрепления кадров на предприятии специалистами "Салюта" разработано специальное Положение, предусматривающее целый ряд льгот, оно разослано всем ведущим университетам. При заключении контракта на втором курсе предприятие выделяет студентам дополнительную стипендию, не меньшую, чем они получают от государства. По оконча-

нии вуза им выплачивают "подъемные" суммы. Предусмотрена материальная помощь молодым специалистам на личные нужды, например, бракосочетание.

ФГУП "ММПП "Салют" внедрило собственную систему производственных практик. Ежегодно около двух тысяч студентов вузов проходят практики, в том числе целевые, с участием специалистов предприятия. Заключены контракты с группой студентов одной из кафедр МАИ, которые в течение двух лет днем работали на заводе, а вечерами учились. В итоге из 12 человек семь остались работать на заводе. На базе "Салюта" студенты и преподаватели вузов имеют возможность повысить подготовку в области информационных и компьютерных технологий, освоить программы, применяемые на практике в проектировании и производстве газотурбинной техники. Для того чтобы инженеры могли применять информационные технологии при реализации своих знаний, полученных в вузах, специалистами "Салюта" разработаны предложения для вузов по непрерывной подготовке, и в зависимости от изучаемых в то или иное время специальных дисциплин подобраны оптимальные, наиболее рациональные программные продукты.

В заводском институте четыре компьютерных класса, где ежегодно обучается 400...500 работников и молодых специалистов работе с конкретными программами, необходимыми для производства.

Для облегчения адаптации молодых специалистов на предприятии существует программа: "Каждому инженеру — две рабочие профессии". Есть специальный учебный цех, где на практике пробуют силы студенты технических вузов, с которыми сотрудничает "Салют". На первом курсе за 35 дней производственной практики они получают специальность станочника третьего разряда. На следующем этапе, длящемся около 30 дней, студенты получают специальность оператора-наладчика станков с ЧПУ.

Правительством России ФГУП "ММПП "Салют" отмечен специальным дипломом "За развитие образовательной базы". Ежегодно на базе завода проводятся конкурсы "Московские мастера", отраслевые конкурсы профессионального мастерства на лучшего рабочего среди предприятий авиационной промышленности по различным специальностям.

ИЦПС организована научно-методическая работа. В сотрудничестве с учеными вузов издаются книги и учебные пособия по профильным специальностям, адресно востребованные ведущими учебными заведениями и предприятиями промышленности. Научно-техническая библиотека насчитывает более 50 тыс. наименований технической литературы по

всем направлениям деятельности предприятия. Музей трудовой славы стал центром профориентационной работы.

Еще одно направление деятельности ИЦПС — повышение квалификации специалистов, в том числе на курсах, семинарах и в центрах подготовки и переподготовки руководящих кадров. Работа ведется по утвержденному плану в соответствии со стандартом предприятия: обучение студентов на вечернем отделении филиала МАТИ, целевая подготовка студентов дневных отделений вузов для предприятия по договорам-контрактам; обучение и аттестация специалистов по Системе менеджмента качества; обучение инженерно-технических работников и служащих по компьютерной разработке технической документации, применению CALS-технологий и многое другое.

На ММПП "Салют" разработаны конкретные предложения в области подготовки квалифицированных кадров и их закрепления на предприятиях. Например, предлагается уточнить закон РФ об образовании и предусмотреть в нем целевую контрактную подготовку специалистов в вузах и колледжах для студентов, обучающихся на бюджетной основе. При этом в контракте должны быть учтены и сбалансированы трехсторонние интересы: студента, предприятия и учебного заведения, а также предусмотрена трех-пятилетняя работа молодого специалиста на предприятии.

С целью стимулирования участия бизнеса в подготовке кадров необходимо ввести компенсацию затрат предприятием за счет уменьшения налогооблагаемой базы на сумму, затраченную на участие в подготовке специалистов и повышении квалификации персонала. Законодательно закрепить начальное и среднее профессиональное образование для предприятий машиностроения в единую систему двухуровневой профессиональной подготовки с акцентом на подготовку квалифицированных рабочих с дипломом техника. Передать в управление регионов учебные образовательные заведения среднего профобразования, так как часть их находится в Федеральном подчинении.

Необходимо предусмотреть организацию взаимодействия образовательных учреждений и производст-

ва, создание при ведущих промышленных предприятиях целевых центров для обеспечения непрерывной подготовки специалистов по системе школа—колледж—вуз—предприятие.

Кроме того, на базе столичных колледжей и профтехучилищ целесообразно сосредоточить и обучение рабочих кадров из регионов, в этом случае по ряду особо востребованных специальностей смогут получить профессиональное образование представители филиалов всех промышленных предприятий.

Морально-психологический климат коллектива на предприятии — одна из главных его ценностей. Сотрудникам "Салюта" созданы условия для плодотворного труда, непрерывно развивается социальная инфраструктура. В заводском санатории-профилактории ежегодно проходят курсы лечения и профилактики более 600 человек, в том числе без отрыва от производства. Функционируют детские оздоровительные лагеря в Анапе и Подмосковье, на побережье Черного моря — пансионат матери и ребенка, в Московской области — дом отдыха. В творческих коллективах Дома культуры "Чайка" заводчане и члены их семей имеют возможность проводить досуг. Действуют 24 клубных формирования: студии и кружки, творческие объединения по интересам, где на безвозмездной основе занимаются более 2 тыс. человек. В составе спорткомплекса "Крылья Советов" есть секции по 22 видам спорта: футболу, легкой атлетике, волейболу, городкам, спортивным единоборствам, шейпингу, туризму и др.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что в настоящее время предприятия авиадвигателестроительной промышленности России в целом готовы к реализации инновационной стратегии развития, намеченной Правительством и Президентом. Тем не менее для полномасштабной и эффективной деятельности в области создания благоприятной инновационной среды необходимы поддержка и непосредственное участие государства в таких первостепенных вопросах, как техническое перевооружение производства, НИОКР, создание инновационной продукции, подготовка кадров и совершенствование нормативно-правовой базы в этих областях.





ОСТАПЕНКО
Сергей Николаевич —
заместитель генерального
директора Концерна ПВО
"Алмаз-Антей", профессор,
доктор техн. наук



СВЕТЛОВ
Владимир Григорьевич —
генеральный конструктор
МКБ "Факел", профессор,
доктор техн. наук



СОКОЛОВСКИЙ
Виктор Владимирович —
заместитель генерального
конструктора МКБ "Факел",
старший научный сотруд-
ник, кандидат техн. наук



СЕЛЕЗНЕВ
Валерий Петрович —
начальник управления ин-
формационных технологий
МКБ "Факел", старший на-
учный сотрудник, кандидат
техн. наук

Информатизация предприятий авиационного машиностроения

**С.Н. Остапенко, В.Г. Светлов, В.В. Соколовский,
В.П. Селезнев**

Рассмотрены вопросы рационального построения информационного обеспечения предприятий авиационного машиностроения. Предложено создавать в объединениях предприятий центры обработки данных, где будут размещаться все компоненты, относящиеся к информационным ресурсам общего назначения, в том числе ERP-системы, CAD/CAM/CAE-решения. Предлагается использовать собственные вычислительные ресурсы предприятий машиностроения только для создания и эксплуатации средств специального математического обеспечения.

S.N. Ostapenko, V.G. Svetlov, V.V. Sokolovsky, V.P. Seleznev. IT Introduction At Aircraft Companies

The article reviews ways to build a rational IT system in support of aircraft enterprises. It suggests that specialized data processing centers should be established by groups of companies, where all general-purpose IT components should be kept, including ERP-systems, CAD/CAM/CAE-solutions and so on, while the organic data processing capabilities of the companies of the group should be task-organized and employed only for particular mathematical-processing missions.

Ракетостроение — наукоемкая отрасль, развитие которой невозможно без опоры на новейшие технологии и в первую очередь на средства вычислительной техники. Расчеты и моделирование, выполняемые при создании ракетного оружия, позволяют оценивать конструкторские решения, прогнозировать вероятное развитие в полете процессов на борту ракеты. В конце 1960-х — начале 1970-х гг. эти задачи в Машиностроительном конструкторском бюро (МКБ) "Факел" решались на электронных машинах серии М-20 (М-20, М-220, М-222). По меркам сегодняшнего дня, они имели микроскопический вычислительный ресурс. Оперативная память этих машин измерялась не привычными сегодня мега- и гигабайтами, а ячейками и кубами памяти, скорость вычисления — несколькими десятками тысяч операций в секунду. Разработка программ велась на языке команд, непосредственно исполняемых вычислительным процессором. Тем не менее этот технический ресурс способствовал существенному сокращению времени и издержек при создании нового ракетного оружия.

Следует отметить, что несмотря на идеологизацию экономики в нашей стране в 1980-е гг. средства вычислительной техники развивались достаточно интенсивно. Предприятия могли из государственных фондов получать вычислительные машины, в том числе и зарубежного производства, что позволяло МКБ "Факел" наращивать свой вычислительный потенциал. В это время предприятие одним из первых получило две машины БЭСМ-6, затем несколько машин серии "ЕС" с широкоформатными планшетными графопостроителями, в том числе ЕС-1066, а также машины VAX-785 и VAX-8600 фирмы DEC. Эта техника позволила создать на предприятии серьезный вычислительный ресурс, который использовался не только для проведения конструкторских работ, но и для управления опытным производством. На территории МКБ "Факел" была построена вычислительная сеть, которая по оптическим каналам подключала к вычислительным средствам около 60 пользователей из конструкторского бюро и цехов опытного производства.

В это же время МКБ "Факел" в содружестве с Московским государственным институтом управления на базе машин серии "ЕС" разработало одну из первых в стране автоматизированных систем управления опытным производством. Была создана программно-техническая система, которая вплоть до недавнего времени использовалась для планирования и рациональной загрузки производственных мощностей. Это программное решение по философии построения и функциональным возможностям в своей части не хуже современных решений по автоматизации предприятий машиностроения, которые реализуются в ERP-системах.

Оценивая пройденный путь, можно констатировать, что:

- отечественные предприятия авиационного машиностроения уже в 1980-е гг. были готовы к масштабному внедрению средств автоматизации в конструкторские и производственные процессы, в том числе и в процессы управления своими материальными, производственными и финансовыми ресурсами;
- экономика государства в то время не способствовала правильному определению целевых установок и приоритетов в развитии средств программного обеспечения прикладной направленности;
- из-за информационной закрытости общества многие предприятия собственными силами пытались решать общие для них задачи, что распыляло силы и делало малопродуктивными имевшиеся частные успехи.

Совокупность этих факторов предопределила отставание отечественных средств информатизации от предложений зарубежных рынков.

В условиях современной рыночной экономики отечественные предприятия авиационного машиностроения испытывают жизненно необходимую потребность в средствах информатизации, в том числе в таких базовых компонентах, как программные системы управления ресурсами (ERP — Enterprise Resource Planning), а также программные системы управления жизненным циклом изделий или подготовки инженерных данных (CAD/CAM/CAE-системы). Именно эти средства обеспечивают промышленной продукции те конкурентные преимущества, которые необходимо иметь для завоевания и удержания позиций на современном рынке.

Для предприятий авиационного машиностроения ERP-системы могут обеспечить:

- планирование деятельности предприятия на перспективу, включая финансовое и материальное обеспечение процесса производства продукции;
- учет всех средств производства и их потенциальных возможностей;

- расчет производственных планов, которые позволят в рамках потребностей на выпускаемую продукцию максимально эффективно использовать возможности предприятия по ее выпуску;
- автоматизацию операций по управлению трудовыми и финансовыми ресурсами, по формированию статистической, бухгалтерской и налоговой отчетности.

CAD/CAM/CAE-системы автоматизируют проектные работы, процессы технологической подготовки изделий к выпуску, а также работы по оценке необходимых для этого производственных ресурсов.

Представленные программные решения предполагают, что на предприятии осуществляется пооперационный контроль выпуска продукции, ведется полный учет сырьевых материалов и покупных изделий, производственных мощностей и трудовых ресурсов. Иначе говоря, предприятие имеет эффективную систему наблюдения за конструкторскими и производственными процессами, за финансовыми и материальными активами. Но для этого предприятие должно иметь:

- вычислительную сеть, абонентами которой являются руководящий состав и сотрудники служб обеспечения производственных процессов, конструкторы и технологи, производственные участки и склады предприятия;
- вычислительный ресурс, достаточный для обработки информационных потоков и хранения больших объемов информации;
- специалистов, которые в состоянии администрировать указанные средства информатизации, а также вычислительную инфраструктуру и информационные ресурсы предприятия.

Необходимо отметить два обстоятельства. Первое — это то, что большинство отечественных предприятий машиностроения в силу высокой стоимости современных продуктов информационных технологий не имеет возможности включать их в свои производственные процессы. И второе — это то, что требуемую информационную поддержку на предприятиях машиностроения необходимо строить не так, как ранее, когда предприятия во всем опирались только на собственные ресурсы и силы.

Первое обстоятельство можно подкрепить следующими оценками. Для создания современной информационной системы на предприятии с численностью работающих от 1000 до 5000 человек, с годовым оборотом от 1 до 7 млрд руб. нужно затратить по меньшей мере 3...7 млн дол. Эксплуатационные затраты на такую систему составят от нескольких сот тысяч до миллиона долларов в год, в неменьшую сумму будет обходиться

поддержка технических и программных средств данной информационной системы на уровне требований, предъявляемых к ним пользователями. Для эксплуатации такой системы потребуется 20–30 человек, которые будут заняты только администрированием вычислительных средств, программного обеспечения и баз данных информационной системы. Столь большие затраты связаны с тем, что в рассматриваемых информационных системах предприятий авиационного машиностроения совокупная длина транспортных междомутаторных магистралей будет исчисляться километрами, число пользователей — сотнями, номенклатура программных компонентов — десятками, а объемы баз данных — терабайтами.

Очевидно, что это большая финансовая нагрузка на предприятие среднего масштаба, даже в области авиационного машиностроения, где норма прибыли выше, чем в других отраслях. И нужны организационные решения, которые, с одной стороны, позволят в кратчайшие сроки преодолеть технологическое отставание отечественных предприятий в области информационных технологий от зарубежных лидеров, а с другой — не будут требовать больших финансовых затрат.

Таким образом, несмотря на то что информационные технологии в современном производстве имеют первостепенное значение, они пока малодоступны для предприятий отечественной промышленности. А на тех предприятиях, где требуемые информационные ресурсы развернуты, они не используются с полной отдачей.

В настоящее время методологию информатизации предприятий, в том числе авиационного машиностроения, в значительной степени определяют следующие обстоятельства:

1. Все программные системы, которые обеспечивают управление ресурсами предприятий (системы ERP), жизненным циклом изделий машиностроения (системы CAD/CAM/CAE), а также многие другие, являющиеся продуктами массового потребления, в настоящее время создаются не самими предприятиями, а компаниями, специализирующимися на разработке таких программных продуктов. Эти программные продукты относятся к классу программных систем не специального, а общего назначения и предлагаются предприятиям в качестве готовых, но настраиваемых решений.

2. Уверения руководителей об уникальности возглавляемых ими предприятий справедливы лишь в отношении выпускаемой продукции и технологий ее изготовления. Все остальные деловые процессы предприятий имеют высокий уровень подобия, поскольку определяются внешними условиями (законами, норма-

тивными актами, инструкциями ведомств и другими документами). Здесь речь идет об управлении ресурсами предприятий (людскими, материальными, финансовыми), об управлении заказами и логистике, о процессах проектирования и выпуска продукции. Учет специфики этих процессов, имеющей место в конкретной организации, в программных системах управления может быть осуществлен за счет настройки соответствующих интерфейсов пользователей, маршрутов движения документов и других технологических операций адаптации программного продукта к требованиям потребителя.

3. Собственными силами предприятия машиностроения должны создавать только те инструменты информационных технологий, которые воплощают в себе специфику производимой продукции, необходимы для ее выпуска (конструирования, подготовки к производству, проведения испытаний и производства) или управления уникальными деловыми процессами. Иначе говоря, собственными силами предприятия должны разрабатывать специальное программное обеспечение, т.е. те решения, которые являются уникальными и которые нельзя купить на рынке программных продуктов.

Указанные обстоятельства побуждают к поиску нетрадиционных схем построения информационного обеспечения предприятий авиационного машиностроения. Здесь в первую очередь речь идет о тех предприятиях, которые интегрированы в государственные холдинговые структуры и в значительной степени являются собственностью государства. Такие структуры создаются для консолидации ресурсов на важнейших для экономики направлениях, для оказания помощи предприятиям и с целью сохранения присутствия их продукции на внутреннем и мировом рынках, т.е. для решения государственно важных задач.

Экономически целесообразным решением рассматриваемой проблемы является формирование в созданных холдингах центров обработки данных, которые будут оказывать своим предприятиям требуемые информационные услуги. Имеются в виду информационные услуги, которые пользователям предприятий могут предоставлять программные средства общего назначения, о которых речь шла выше. Так, предлагаемые центры могут взять на себя функции размещения и администрирования информационных ресурсов предприятий холдинга, а также функции размещения и администрирования программного обеспечения общего назначения. Такое решение позволяет снять с промышленных предприятий расходы на создание соответствующих сегментов информационных систем, а также эксплуатационные затраты на поддержание их в работоспособном состоянии. Заметим, что в нашей стране



Модель развертывания средств программного обеспечения на предприятиях холдинга

имеется опыт создания территориальных и ведомственных вычислительных центров. Однако в свое время они создавались из-за отсутствия требуемого количества средств вычислительной техники. Сегодня целесообразность возрождения подобных структур обусловлена не недостатком вычислительной техники, а экономической эффективностью. Это возрождение в полной мере обеспечено техническим прогрессом, в том числе уровнем развития средств вычислительной техники, средств телекоммуникации и связи, информационных ресурсов общества.

При создании указанных центров обработки данных дистрибьюторы программных систем управления ресурсами предприятий и жизненным циклом изделий могут их устанавливать на вычислительных средствах этих центров и поставлять предприятиям не программные решения, как это имеет место в настоящее время, а информационные услуги, которые требуются соответствующим сотрудникам. Очевидно, что предлагаемое решение сократит не только затраты предприятий на средства информатизации, но и сроки внедрения в эксплуатацию рассматриваемых технологий управления ресурсами и производственными процессами.

Предлагаемые центры обработки данных могут создаваться на базе какого-то одного предприятия холдин-

га, которое располагает необходимыми для этого вычислительными ресурсами, специалистами и средствами связи. Центры могут являться собственностью государства, холдинга, долевой собственностью предприятий, которые пользуются их услугами, или построены иным образом. Главное, чтобы они обеспечивали максимально полное использование имеющихся ресурсов, сняли с предприятий рутинные задачи администрирования средств информатизации. При такой организации информационного обеспечения у предприятий не будет необходимости брать на работу высокооплачиваемых специалистов, которые в конечном итоге используются неэффективно. Предприятия будут получать высококачественные информационные услуги и оплачивать их по установленным расценкам. При этом совокупные затраты на данные услуги будут ниже тех эксплуатационных затрат, которые предприятие должно было бы нести, если бы занималось своим информационным обеспечением собственными силами.

В настоящее время на государственном уровне реализуется (готовится к реализации) ряд программ, имеющих целью построение открытого информационного общества. Очевидно, что в создаваемых информационных структурах предприятия машиностроения должны быть представлены. Функция по-

зиционирования предприятий машиностроения в информационной среде общества может быть также возложена на предлагаемые центры обработки данных. Технически это может быть решено путем формирования унифицированного открытого паспорта предприятия авиационного машиностроения, который ведется предприятием, но в информационных структурах открытого общества размещается центром обработки данных.

Создание центров обработки данных может быть предусмотрено в одном из разделов государственной программы построения открытого информационного общества. Так государство может оказать предприятиям целенаправленную помощь, столь необходимую им сегодня для упрочения своих позиций, и при этом существенно расширить информационное пространство общества.

Помимо прямой помощи в создании современных технологий управления производственными процессами предлагаемое решение позволит предприятиям получать и опосредованные выгоды, например, путем выставления на продажу излишков своих производственных ресурсов. В рамках данного решения на предприятие будут возлагаться только следующие функции по информатизации:

- доведение на своей территории информационной услуги до потребителя, т.е. создание и поддержание в работоспособном состоянии собственной сетевой инфраструктуры;
- разработка информационных и программных продуктов специального назначения;
- построение систем мониторинга качества выпускаемой продукции.

Модель развертывания средств программного обеспечения на предприятиях холдинга в рамках предлагаемого решения представлена на рисунке.

В заключение следует отметить, что предлагаемое решение на множестве предприятий холдинговых структур не имеет никакой избыточности, а следовательно, позволяет рационально использовать создаваемые ресурсы. Это именно та экономность, которая сегодня нужна для концентрации имеющихся ресурсов на главном направлении — разработке продукции, которая в современных условиях будет способствовать стабильности производства, обеспечит предприятиям авиационного машиностроения требуемую экономическую устойчивость и полную загрузку имеющегося производственного потенциала.

Нас поздравляют

Оценивая достижения и итоги десятилетней творческой работы коллектива, осуществляющего издание Общероссийского научно-технического журнала "Полет", следует отметить:

1. Строго определенные при организации журнала предметную область — "авиация, ракетная техника, космонавтика" и направленность журнала — "научно-технический", а также периодичность выпуска — "ежемесячный", которые десять лет выдерживались на высоком уровне редакционной коллегией и редакционным советом под управлением главных редакторов (по авиации) Г.В. Новожилова, (по ракетной технике и космонавтике) В.Ф. Уткина и А.С. Коротеева и коллективом работников издательства "Машиностроение" под руководством Л.А. Гильберга — инициатора и организатора журнала. Все эти годы журнал оставался строгим по форме и научно-техническим по содержанию, не увлекаясь рекламой, что необычайно трудно в современных экономических условиях.

2. Регулярность выхода в полном объеме серийных номеров журнала, а также издание выпусков, посвященных юбилеям авиационных и ракетно-космических предприятий.

3. Высокий уровень квалификации редакционной коллегии и редакционного совета, в составе которых работают признанные в России и за рубежом ученые и специалисты, поддерживаемый корректной ротацией состава, выполняемой коллегиально на постоянно проводимых заседаниях, определяющих стратегию и тактику деятельности и развития журнала.

Отмеченные достижения определили вхождение Общероссийского научно-технического журнала "Полет" в перечень утвержденных ВАК РФ изданий, рекомендованных для публикаций научных трудов соискателей ученых степеней по группе научных специальностей "Авиационная и ракетно-космическая техника".

Генеральный директор ММП "Салют" Ю.С. ЕЛИСЕЕВ,
директор по науке ММП "Салют" В.В. КРЫМОВ,
проректор Российского государственного университета инновационных технологий
и предпринимательства В.П. СОКОЛОВ

УДК 656.7

Проблемы создания корпоративных баз знаний для разработки изделий РКТ

А.Н. Кирилин, Р.Н. Ахметов, А.В. Соллогуб

Рассматриваются существующие и перспективные модели жизненного цикла изделий при разработке и эксплуатации изделий ракетно-космической техники (РКТ). Анализируются современные методы и подходы к созданию корпоративных баз знаний для проектирования, производства, испытаний и эксплуатации изделий, основанные на паттернах. Представлены адаптивные космические системы зондирования с элементами интеллектуального управления.

A.N. Kirilin, R.N. Akhmetov, A.V. Sollogub. Challenges Of Corporate Database Creation For Rocket And Space Product Development

The article considers existing and perspective models of life cycles for development and use of space machinery. Modern methods and approaches to creation of pattern – type corporate knowledge bases for designing, production, testing and use of products are analyzed. The article regards adaptive space remote sensing systems with the elements of intelligent control.

Модели жизненного цикла изделий. Наиболее распространенной моделью жизненного цикла изделий (ЖЦИ) является *водопадная модель*, которая предполагает последовательное выполнение различных этапов жизненного цикла, включая анализ тактико-технических требований, этапы технических предложений, эскизного и рабочего проектирования, наземной экспериментальной отработки элементов и узлов, электрических испытаний на заводе, на технической и стартовой позициях, летно-конструкторские испытания, конструкторское сопровождение изделия в процессе эксплуатации вплоть до его утилизации. При этом имеет место четкое разграничение этапов, на которых набор документов, выработанный на предыдущем этапе, передается в качестве входных данных для следующего.

Таким образом, каждый вид деятельности выполняется на одной фазе жизненного цикла, движение в обратную сторону по этой цепочке не предполагается.

Недостатками водопадного подхода являются следующие:

при допущенных на ранних стадиях проекта ошибках любой возврат к предыдущим стадиям в целях исправления ошибок становится крайне затруднительным и дорогостоящим. Этот метод не позволяет эффективно выявлять и нивелировать последствия подобных рисков;

неоправданное увеличение времени реализации, превышение бюджета и риск полного срыва проекта из-за накопления ошибок от этапа к этапу;

все ключевые решения принимаются на той стадии, когда у аналитиков и разработчиков нет полного понимания системы. Очень сложно уложить реальный процесс создания изделия в жесткую схему, поэтому постоянно возникает необходимость возврата к предыдущим этапам в целях уточнения и пересмотра ранее принятых решений. Нет возможности быстрой адаптации к изменениям, особенно на поздних стадиях жизненного цикла изделия;

конечный продукт может оказаться не востребованным из-за неточного изложения требований или их изменения за продолжительное время создания изделия.

Водопадный подход хорошо работает в проектах, где требования к изделию четко определены и не должны меняться. Для создания сложных систем он неприемлем.



КИРИЛИН
Александр Николаевич –
генеральный директор
ГНП РКЦ "ЦСКБ –
Прогресс", профессор,
доктор техн. наук



АХМЕТОВ
Равиль Нургалиевич –
первый заместитель гене-
рального директора, гене-
ральный конструктор ГНП
РКЦ "ЦСКБ – Прогресс",
начальник ЦСКБ, канди-
дат техн. наук



СОЛЛОГУБ
Анатолий Владимирович –
главный научный сотруд-
ник ГНП РКЦ "ЦСКБ –
Прогресс", профессор,
доктор техн. наук

Развитием водопадного подхода являются, в частности, итеративный и инкрементный подходы.

Итеративный подход предполагает разбиение жизненного цикла проекта на последовательность итераций. Цель каждой итерации — получение функциональности, которая включает функциональность всех предыдущих итераций и текущей итерации. Результат финальной итерации содержит всю требуемую функциональность проекта.

Таким образом, с завершением каждой итерации проект развивается инкрементно (наращивается, дополняется). С точки зрения структуры жизненного цикла такую модель называют итеративной, а с точки зрения развития продукта — инкрементной.

Опыт разработки изделий показывает, что невозможно учитывать каждую из этих точек зрения в отдельности. Чаще всего такую смешанную эволюционную модель называют итеративной, говоря о процессе, и/или инкрементной, говоря о наращивании функциональности продукта.

Идея, лежащая в основе инкрементности разработок, состоит в том, что космические комплексы следует разрабатывать по принципу приращений, так, чтобы разработчик мог использовать данные и опыт, полученные при разработке более ранних версий этих комплексов. Новые данные получаются как в процессе разработки нового изделия, так и в ходе эксплуатации ранее созданных изделий. При этом на этапе каждой последующей итерации добавляются новые функциональные возможности.

Примером успешного применения идей *инкрементного подхода* явилась эволюция развития ракет-носителей (РН) на базе ракеты Р7, созданной в ОКБ1 под руководством С.П. Королева, как боевой машины для доставки ядерных боеголовок. На основе этой РН в результате инкрементного подхода (прироста и наращивания функциональности) было создано множество модификаций, которые сыграли выдающуюся роль в освоении космоса и в настоящее время являются надежным и экономичным средством доставки на рабочие орбиты пилотируемых, грузовых кораблей и других космических аппаратов (КА). Это РН семейства "Восток", "Молния", "Союз", "Союз-2".

8 апреля 2008 г. был выполнен 1731-й успешный запуск РН "Союз". К МКС был выведен пилотируемый космический корабль "Союз ТМА -12".

Продолжается создание новых РН — «Союз-СТ» для запуска полезных нагрузок с Гвианского космического центра (Франция).

Инкрементный подход обеспечил создание множества модификаций КА для решения задач научного назначения ("Энергия", "Эфир"), медико-биологических

исследований (серия "Бион"), исследований в области космических технологий (серия "Фотон"), а также топографических аппаратов ("Зенит-4МТ", "Комета"), КА народно-хозяйственного назначения и дистанционного зондирования Земли ("Зенит-2м", "Фрам", "Ресурс-Ф1", "Ресурс-Ф2", "Ресурс-ДК1") и др.

Инкрементный подход можно рассмотреть на примере разработки перспективного КА "Ресурс-П", где применены наиболее удачные решения, полученные при создании находящегося в эксплуатации КА "Ресурс-ДК1".

Принципы формирования облика КА "Ресурс-П" следующие:

- реализация в полном объеме требований и рекомендаций технического задания на опытно-конструкторские работы по КА "Ресурс-П", позволяющих, сохраняя уникальные возможности комплекса "Ресурс-ДК1" № 1 по ширине полосы захвата и уровню разрешения в панхроматическом и спектральных диапазонах, обеспечить дальнейшее наращивание его характеристик за счет установки на КА оптико-электронной аппаратуры с повышенной по сравнению с аналогичной аппаратурой, установленной на КА "Ресурс-ДК1" № 1, разрешающей способностью; установки на КА гиперспектральной аппаратуры высокого разрешения для обеспечения получения гиперспектральной информации; обеспечения функционирования КА на околокруговой солнечно-синхронной орбите; улучшения потребительских свойств и точности привязки изображений, передаваемых на Землю; обеспечения срока активного существования КА не менее 5 лет;

- максимальное использование технического и технологического задела, созданного при разработке и эксплуатации КА "Ресурс-ДК1" № 1, в целях минимизации затрат на разработку и обеспечения начала летно-конструкторских испытаний (ЛКИ) в 2010 г.

На рис. 1 для сравнения приведены спектральные диапазоны систем приема и преобразования информации (СППИ) КА "Ресурс-ДК1" и "Ресурс-П".

Основные преимущества инкрементного подхода состоят в следующем:

- возможность нивелирования воздействий серьезных рисков на ранних стадиях проекта. Разница стоимости ошибки определения требований в начале проекта и в конце может отличаться на один-два порядка;
- возможность организации плодотворной обратной связи с заказчиком и будущими конечными пользователями в целях создания системы, реально отвечающей их потребностям;

- непрерывное итеративное улучшение проекта, позволяющее оценить его успешность в целом;

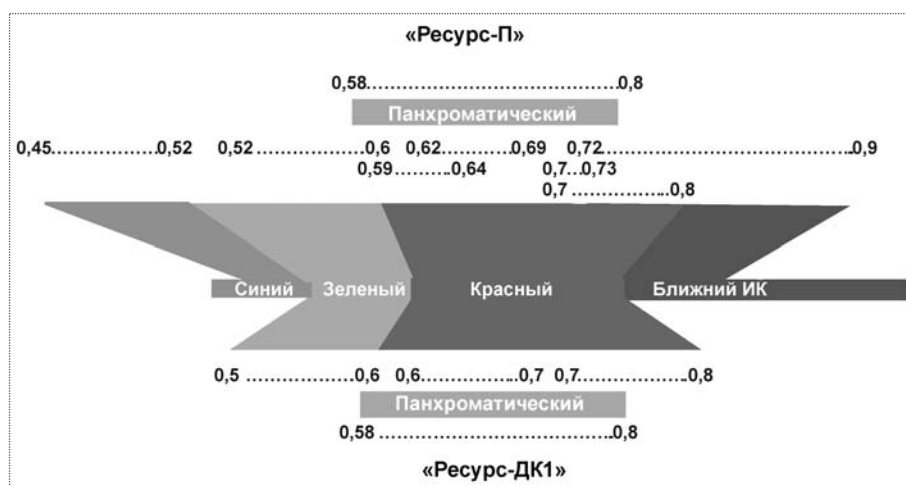


Рис. 1. Спектральные диапазоны СППИ КА "Ресурс-ДК1" и "Ресурс-П"

раннее обнаружение несоответствий между требованиями и получаемыми результатами;

эффективное использование накопленного опыта;

реальная оценка текущего состояния проекта и, как следствие, большая уверенность заказчиков и непосредственных участников в его успешном завершении.

Заметим, что на практике планирование работ, финансирование и отчетность осуществляются в основном по водопадной схеме. Она наиболее проста. Вместе с тем с точки зрения получения наиболее качественного результата предпочтительно применение инкрементного подхода. Однако в этом случае возникают сложности с финансированием и отчетностью. Таким образом, налицо противоречие между принятыми на практике моделями обеспечения проектов ресурсами (финансирование и отчетность) и эффективными моделями организации жизненного цикла изделия.

Инструментальные средства для автоматизации этапов жизненного цикла изделия. В соответствии с концепцией CALS современный подход к комплексной автоматизации заключается в организации единого информационного пространства (ЕИП), которое позволяет обеспечить информационную поддержку всех этапов жизненного цикла изделия.

Принципы ЕИП находят свое отражение в создании ряда программных систем, обеспечивающих комплексную поддержку этапов жизненного цикла изделия на основе концепции PLM (Product Life-cycle Management – управление жизненным циклом изделия).

Для построения эффективной PLM-системы в основу ее создания должна быть положена концепция PPR (Product Process Resource), определяющая единст-

во объекта, процесса, необходимого для его изготовления, и требуемых ресурсов.

Базовыми системами, обеспечивающими реализацию стратегии PLM, являются:

для полного электронного описания изделия: PDM-системы (Product Data Management – управление данными об изделии) и PIM-системы (Product Information Management – управление информацией об изделии);

для процессов разработки изделия: CAE/CAD/CAM-системы (Computer Aided Engineering – компьютерная поддержка инженерных расчетов, Computer Aided

Design – компьютерная поддержка разработки конструкторской документации, Computer Aided Manufacturing – компьютерная поддержка технологической подготовки производства, в частности разработка программ для станков с ЧПУ), а также CAPP-системы (Computer Aided Process Planning) для написания технологических процессов;

для управления ресурсами: ERP-системы (Enterprise Resource Planning) для управления и планирования ресурсами предприятия; MES-системы (Manufacturing Execution System) для цехового, межцехового и внутрипроизводственного планирования; SCP-системы (Supply Chain m Planning) для планирования цепочек поставок; SCM-системы (Supply Chain Management) для управления взаимодействием со смежниками-поставщиками; CRM-системы (Customer Relationship Management) для управления отношениями с заказчиками и партнерами; MRP-системы (Material Requirements Planning) для управления потребностью в материалах; MRP-II-системы (Manufacturing Resource Planning) для управления производственными ресурсами.

Структуру программного обеспечения ЕИП можно укрупненно представить в виде слоев (контуров): ядро (единая база данных "изделие – процессы – ресурсы"), внутрисистемный, проектный, технологический и внешний контуры (рис. 2).

Внутрисистемный контур предназначен для выполнения базовых системных функций интерфейсного взаимодействия производственных контуров с единой базой данных.

Основным методом организации ЕИП является автоматизация работы предприятия, связанная с жизненными циклами выпускаемых изделий, на ос-

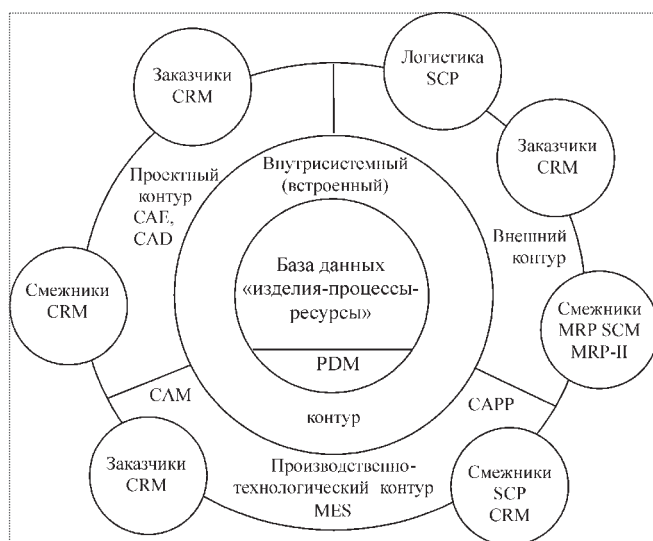


Рис. 2. Структура программного обеспечения ЕИП

нове реинжиниринга всех бизнес-процессов. Если под словом "инжиниринг" понимается разработка, проектирование, то "реинжиниринг" — это перепроектирование, реструктуризация. Результатом реинжиниринга бизнес-процессов является детальный анализ и описание как существующих (AS-IS), так и перспективных (TO-BE) решений и подготовка проекта к переходу от "как есть" к "как надо".

По данным аналитических агентств, 85 % корпоративной информации не структурировано, а в глобальном масштабе неструктурированная информация составляет 95 %. Между тем сведения, содержащиеся в неструктурированных данных, значительно расширили бы возможности конструкторов, аналитиков, испытателей, менеджеров, ответственных за принятие решений.

Современные аналитические инструменты эффективно работают только со структурированными данными, например базами данных реляционного или сетевого типов, т.е. с так называемыми предопределенными структурами. Очевиден барьер между современными инструментами и миром неструктурированной информации. Отсюда возникает проблема поиска методов структуризации неструктурированной информации, таких, которые позволили бы не только воспринимать эту информацию человеком, но и автоматизировать процедуры обработки этой информации компьютером.

Методы структурирования знаний. Ресурсы знаний различаются в зависимости от отраслей индустрии и приложений. Это методы решения проектных задач, производственные технологии, процедуры обработки информации, накопившиеся в процессе функционирования предприятия, документация: чертежи,

схемы, сведения о заказчиках, смежниках и конкурентах, технические руководства и другие данные.

Для решения задачи эффективного накопления и применения знаний на предприятии необходимо в первую очередь решить проблему интеграции знаний, т.е. анализа разнородных информационных материалов, полученных другими экспертами и специалистами.

Данная проблема усложняется свойствами анализируемого знания — оно иногда противоречиво, неполно, недостоверно, потенциально ошибочно или устарело, неструктурировано. Не говоря уже о том, что знание неформализовано и, чаще всего, представлено в виде чертежей, графиков, схем и текстов на естественном языке.

Рассмотрим некоторые подходы и технологии интеграции знаний.

К одной из первых технологий построения баз знаний относятся *экспертные системы*. Основная идея этих систем состоит в использовании знаний и опыта специалистов высокой квалификации в данной предметной области специалистами менее высокой квалификации. Обычно экспертные системы создаются в узких предметных областях.

Разработка экспертных систем была очень модной примерно 10–15 лет назад и сопровождалась нереалистичными ожиданиями относительно их потенциальной выгоды. В настоящее время по отношению к ним проявляется некоторая осторожность. Оболочки экспертных систем применяются для решения довольно простых проблем и используются во многом благодаря интерфейсу пользователя и сред разработки, а также из-за их дедуктивных способностей.

Технологии извлечения знаний с помощью глобальной "Семантической сети". Работы в этом направлении связаны с созданием глобальной сети третьего поколения, которую в литературе называют "Семантической паутиной" (SW) или "Семантической сетью".

В простейшем случае концептуальное отличие SW от WWW состоит в том, что на каждой веб-странице SW-информация будет представлена на двух языках: обычном языке, "видимом" через браузер и понятном человеку, и специальном языке метаданных, понятном только программам и скрытом от человеческого восприятия. Одна из первых концепций SW включает три технологии:

расширенный язык разметки XML, который помимо стандартных тегов (язык HTML) дает эксперту возможность использовать собственные оригинальные теги;

технология RDF (Resource Description Framework — система описания ресурсов), включающая наборы

триплетов (объект, глагол, значение), т.е. RDF-слов, которые являются "квантами смысла";

онтологическая коллекция или гигантская база OWL (Web Ontology Language), т.е. древовидная структура, описывающая взаимосвязи различных типов данных.

Реализация этой технологии — дело будущего и займет, по всей видимости, не одно десятилетие. Кроме того, эта технология содержит элементы предопределенности и вряд ли сможет в полной мере удовлетворить запросы любого разработчика. Для последнего требуется своя персональная база знаний. Отсюда возникает проблема построения персонифицированных баз знаний.

Технологии извлечения персонифицированных знаний на основе анализа текстов на естественном языке. Эта технология находится в стадии зарождения. Кроме того, онтология предметной области (в широком понимании) при использовании в САПР должна формироваться не только на основе анализа текстов на естественном языке, но и включать графическую информацию (схемы, чертежи, графики, паттерны проектирования, трехмерные модели), модели движения, презентационный материал, содержащий видовую и звуковую информацию и др. Все эти факторы должны учитываться и присутствовать при создании корпоративной базы знаний.

Корпоративные базы знаний, основанные на паттернах. Важным понятием, которое может быть положено в основу создания корпоративной базы знаний, является паттерн. Паттерн (от англ. *pattern* — образец, модель, шаблон) в самом общем виде представляет электронное описание некоторой проблемы или идеи, которая однажды была практически реализована и может быть использована в будущем. Под паттерном можно понимать хорошо сформулированное и эффективное типовое решение проблемы.

Паттерн не является законченным образцом проекта. Это, скорее, описание или образец, как решить задачу.

Паттерн показывает отношение и взаимодействие между объектами без определения, какие конкретно объекты будут использоваться. Алгоритм не является паттерном, так как решает задачу вычислительного характера, а не проектирования.

Первые результаты по теории паттернов были получены в 60-х годах прошлого столетия американским математиком Ульфом Гренандером. В дальнейшем для различных приложений теория развивалась в работах Эдварда де Боно, Кента Бека, Варда Каннигема, Эриха Гамма, Джеймса Коплина, Ричарда Хелма, Л. Шуткина, Ю. Журавлева и др.

Наибольшее применение теория паттернов нашла в программировании, создании баз данных, проектировании компьютерных систем, информатике. С ее помощью удалось построить обобщенную паттерновую модель линейных, табличных, иерархических и сетевых структур данных.

Дело в том, что реляционные базы данных имеют надежный математический аппарат в виде алгебры отношений и реляционной модели. Структуры иерархических и сетевых баз данных обычно представляются графами, которые не эффективны, когда нужно описывать операции преобразования данных, видимых с экрана дисплея или представляемых в памяти компьютера.

Теория паттернов содержит в своем арсенале преобразования подобия объектов, имеющих одинаковую структуру, но разное содержание. Особый интерес представляет ее применение в системах, обладающих памятью, в частности в системах автоматизированного проектирования и конструирования.

В общем случае различают паттерны проектирования, конструирования, структурные, функциональные, информационные паттерны, паттерны управления, анализа и синтеза, порождающие паттерны. Можно также представить себе любые полезные для практики паттерны, содержащие устойчивые связи между объектами, например: коммуникационные и организационные паттерны, паттерны-компоновщики, паттерны-посредники, паттерны-стратегии, паттерны-состояния, паттерны-наблюдатели, паттерны-агенты и даже паттерны типа "антишаблон". Последние описывают, в каком направлении не следует двигаться при решении той или иной проблемы. Антипаттерны — это ловушки, т.е. классы наиболее часто встречающихся плохих решений проблемы. Нужно избегать антипаттернов.

Число паттернов не должно превышать некоторого критического значения, так как большое их количество, разработанное узкой группой специалистов, затрудняет их изучение и становится малоэффективным.

Использование паттернов из справочников, без глубокого изучения и осмысления предпосылок их создания, без знания, в каких случаях их применять, не способствует профессиональному росту специалиста. Здесь очень важен опыт и интуиция. Наиболее эффективны персонифицированные паттерны, т.е. те, которые разработаны на основании собственного опыта. Такие паттерны объединяются в персонифицированные библиотеки и справочники.

Паттерны проектирования описывают взаимодействие между объектами и направлены на решение задач синтеза новых объектов, разработки более крупных структур, распределения обязанностей между

объектами (паттерны проектирования "сверху-вниз" и "снизу-вверх"). Структурные паттерны описывают решение типовых задач декомпозиции и композиции получаемых решений.

Идея паттернов весьма плодотворна при создании базы знаний предприятия. Паттерн помимо типового решения содержит все свои связи. Например, паттерн, определяющий модуль бортового программного обеспечения КА, помимо кода должен содержать описание всех внешних связей, в частности связей по информации (какие данные должны передаваться на вход других модулей) и связей по управлению (адреса передачи управления в другие модули). Кроме того, в паттерне описываются данные, которые должны быть переданы в этот модуль, а также адреса "выходов" в этот модуль.

Если паттерн содержит типовое конструкторское решение (узел, блок, отсек и др.), то помимо описания конструкции (например, документа в формате 3Д-модели или 2Д-модели) в паттерне должно содержаться описание типов и видов связей с другими элементами конструкции, с которыми взаимодействует рассматриваемая конструкция, а также, если это необходимо, с элементами окружающего мира. Следует напомнить, что паттерн не является законченным решением, а представляет собой образец, который при конкретном применении может быть модифицирован.

Электронное описание паттерна включает четыре основных элемента:

1. Название (имя) паттерна. Это удобный способ ссылки, который позволяет использовать паттерны на более высоком уровне абстракции, составляя специальные каталоги и словари паттернов.
2. Описание проблемы (задачи). Содержит условия, при которых паттерн можно применять.
3. Решение. Описание стратегии по достижению наилучшего решения проблемы.
4. Результаты.

Таким образом, зная имя паттерна, можно легко активизировать паттерн целиком или любую его часть. Это одно из замечательных свойств паттерна, когда любая его часть является кодом, с помощью которого запускается весь паттерн. (Последнее свойство напоминает свойство человеческой памяти. Достаточно нам напомнить о каком-либо событии, и на нас мгновенно

венно нахлынет волна воспоминаний, связанных с этим событием.)

Другим свойством паттернов является способность к росту. Паттерны могут объединяться с другими паттернами или поглощать их. Паттерны являются довольно устойчивыми конструкциями и могут использоваться для коммуникаций.

Паттерны обладают также свойствами инкапсуляции, наследования, полиморфизма и в какой-то степени хронологичны, т.е. развиваются по мере поступления информации.

Использование паттернов дает следующие возможности:

- решать "реальные" проблемы и задачи;
- накапливать полученный опыт и передавать их другим;

формировать персонифицированные и корпоративную базы знаний, а также общий словарь решений.

Заметим, что не всякое решение требует использования паттернов (имеются в виду неудачные решения и решения, не подлежащие тиражированию).

На рис. 3, 4 приведены укрупненные схемы основных разделов построения корпоративной базы знаний для космических аппаратов зондирования (КАЗ) и структура паттернов проектирования и конструирования (БКУ, НКУ — соответственно бортовой и наземный контуры управления КА; НКПОИ — наземный комплекс приема и обработки информации).

На рис. 5 приведена диаграмма паттернов для основных этапов жизненного цикла изделия (ККС — конструктивно-компоновочные схемы; САФОКС — система автоматизированного формирования компоновочных схем; АСУРИ — автоматизированная система учета результатов испытаний; ЦПИ — центр приема информации; СУД — система управления движением; БВС — бортовая вычислительная система; СЭП — система энергоснабжения; СТР — система терморегулирования; ДУ — двигательная установка; БПО, ИПО — бортовое и испытательное программное обеспечение, соответственно; ТПП — технологическая подготовка производства; ТП — техническая позиция; СтП — стартовая позиция; ЭМС — электромагнитная совместимость).

Современные достижения в области построения баз знаний (онтологий) позволяют по-новому оценить перспективы и возможности создания в недалеком будущем КА и космических систем зондирования. Рассмотрим одну из таких возможностей.

Адаптивные космические системы зондирования с элементами интеллектуального управления. Целевая обстановка (ЦО), подлежащая зондированию, с течением времени постоянно изменяется, космические системы зондирования (КСЗ), в свою очередь, подвергаются деградации и могут наращиваться.



Рис. 3. Основные разделы базы знаний для разработки КАЗ



Рис. 4. Паттерны проектирования и конструирования

Проблема состоит в том, чтобы в каждый момент времени КСЗ и ЦО находились в состоянии устойчивого равновесия — состоянии гомеостата. Это означает, что потенциальные интегративные свойства КСЗ

в каждый момент времени должны быть не хуже, чем необходимые для анализа ЦО интегративные свойства.

Под интегративными свойствами понимаются такие целевые показатели эффективности, как производительность, информативность снимков, периодичность доставки информации потребителю, оперативность выхода в заданный район, время активного существования.

Таким образом, КСЗ должны проектироваться с некоторым запасом с точки зрения располагаемых интегративных свойств. Это достигается за счет определения оптимального числа КА в орбитальной группировке, наличия резервных КА, рационального построения орбитальных структур, использования спутников-ретрансляторов, оптимального размещения пунктов приема информации (ППИ).

Представляет интерес возможность интегрального описания тех процессов и объектов, т.е. ЦО, для наблюдения за которыми создается КСЗ.

Это описание можно представить в виде некоторой иерархии числовых шкал или базы данных, в которой учитываются и отражаются возможные сценарии изменения подлежащих зондированию ситуаций.

В качестве примера можно привести ситуации в интересах МЧС — контроль территорий на предмет пожаров, затоплений, землетрясений, заражения местности и др. Важно, чтобы каждому элементу описания — ситуации — можно было поставить в соответствие определенную ЦО. В этом случае возможно создание автоматизированной системы управления орбитальной группировкой для эффективного наблюдения за ЦО.

Такой подход при дальнейшем своем развитии, а именно при создании баз знаний (онтологий) для контроля ЦО, позволит создавать КСЗ, способные адаптироваться к изменению внешних условий. Таким образом, речь идет о создании КСЗ, основанной на принципах гомеостатического управления.

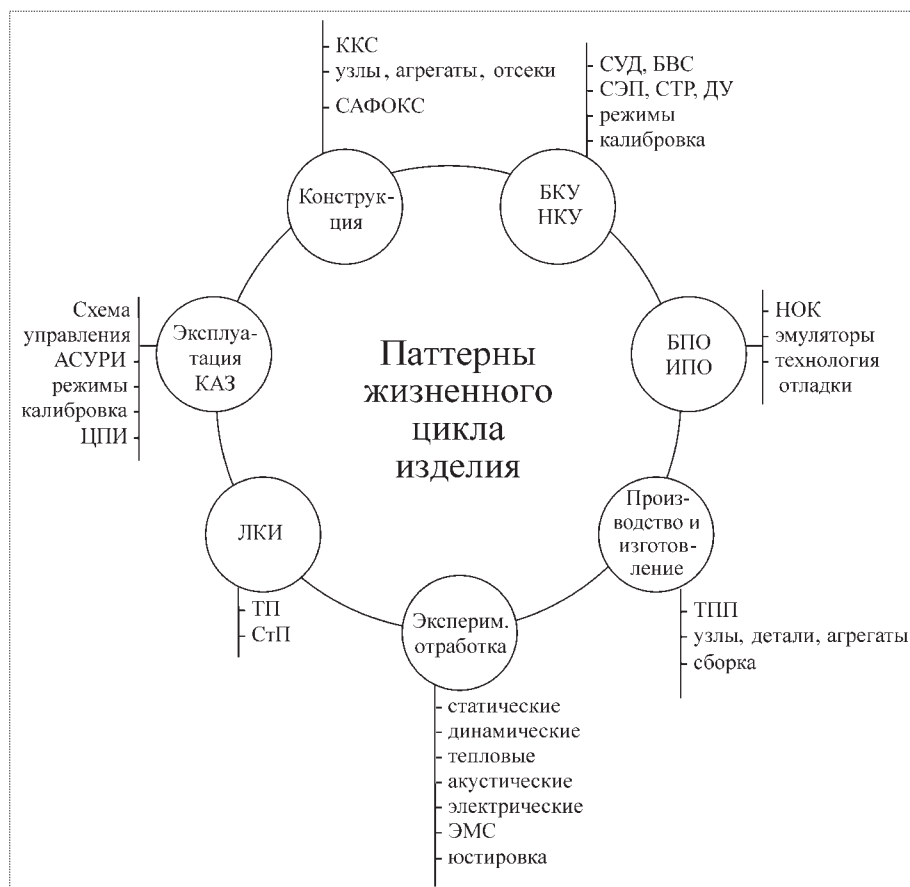


Рис. 5. Диаграмма паттернов жизненного цикла изделия

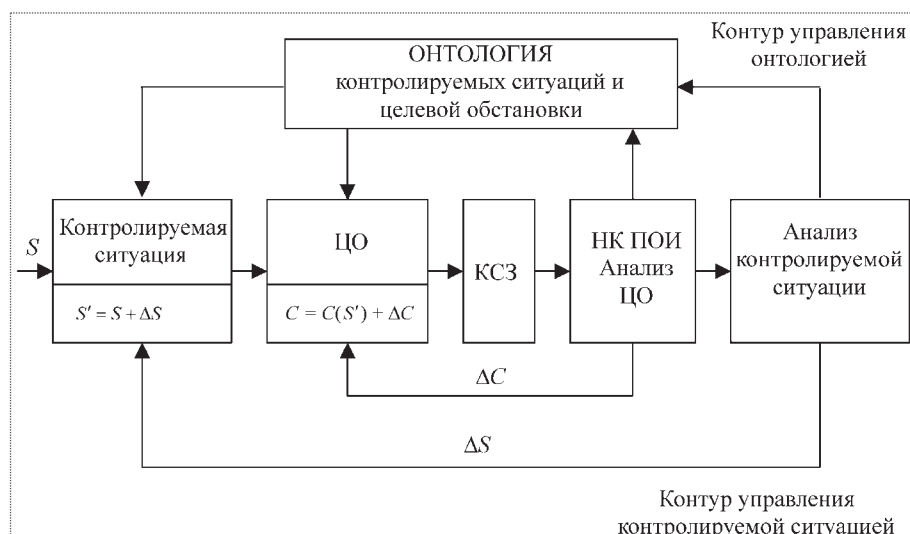


Рис. 6. Структура КСЗ с элементами интеллектуального управления

При неустойчивом состоянии (при нарушении адаптационного гомеостата, когда интегративные свойства КСЗ не обеспечивают требуемые для анализа ЦО свойства по причинам деградации КСЗ, или при изменении самой ЦО) включаются резервные КА, резервные бортовые системы КА или резервные наземные системы КСЗ, которые восстанавливают равновесие. Если контролируемая ситуация стабилизируется, то часть КА КСЗ могут быть переведены в разряд резервных.

Состояние равновесия (гомеостата) не означает, что оно должно достигаться в какой-то одной точке в координатах "интегративные свойства КСЗ — интегративные свойства ЦО". Так как ЦО постоянно изменяется, то состояние равновесия должно поддерживаться в некоторой области этого пространства.

Центральным звеном такой системы управления является наличие онтологии (базы знаний), содержащей информацию о параметрах и возможных сценариях развития ситуаций в зондируемых районах. Важно подчеркнуть, что база знаний должна формироваться в терминах ситуационного управления, причем анализ ситуаций и их развитие являются первичными, а соответствующая ЦО и структура КСЗ должны вытекать из этого анализа.

В системе следует различать два взаимосвязанных контура:

контур анализа и контроля ситуаций в целях создания управляющих воздействий на КСЗ;

контур управления онтологией.

Онтология, с одной стороны, обеспечивает устойчивое функционирование первого из приведенных контуров, а с другой — развивается и пополняется в реальном масштабе времени новыми знаниями. Последнее является необходимым условием для повы-

шения адаптивных свойств системы (параметрической и структурной адаптации), т.е. условием приспособления ее к изменению ЦО (сохранение гомеостаза), а также для снижения энтропии в системе, т.е. условием ее развития в направлении самоорганизации.

На рис. 6 приведена укрупненная схема рассматриваемой системы (ΔS и ΔC — изменения контролируемых ситуаций и целевой обстановки соответственно).

Первым этапом создания подобных систем является отработка онтологии в наземных условиях. С накоплением опыта часть онтологической базы можно перенести на борт КА.

Реализация онтологии на борту КА, а также наличие в схеме управления обратной связи по изменению контролируемых ситуаций и целевой обстановки создадут необходимые условия для перехода к интеллектуальному управлению КСЗ.

Интеллектуальное управление в терминологии [1] отличается от интеллектуального (присущего человеку) тем, что задача целеполагания в системе сохраняется за человеком. В рассматриваемом случае задача целеполагания частично может реализовываться на борту КА без вмешательства извне.

Такой подход является первым шагом к созданию адаптивных самонастраивающихся КСЗ. Открытие Национального центра управления кризисными ситуациями МЧС РФ создает необходимые предпосылки для реализации предлагаемого подхода.

Работы по созданию адаптивных космических систем зондирования с элементами интеллектуального управления являются перспективными, потребуют большого объема научно-исследовательских разработок и приведут к созданию КА и систем зондирования нового поколения.

Применение инкрементных методов на всех этапах жизненного цикла изделия, онтологический подход к накоплению и использованию корпоративных знаний на основе паттернов открывают новые потенциальные возможности для совершенствования технологий разработки изделий РКТ.

Список литературы

1. Васильев С.Н. и др. Интеллектуальное управление динамическими системами. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. 352 с.

УДК 629.7

Вклад В.П. Глушко в развитие космической техники

Б.И. Каторгин, В.Ф. Рахманин

Статья посвящена творчеству выдающегося создателя ракетно-космической техники академика Валентина Петровича Глушко, столетие которого отмечается в этом году.

B.I. Katorgin, V.F. Rakhmanin. Contribution By V.P. Glushko To The Development Of Space Systems

The article is devoted to the creative work of the outstanding spacecraft developer, Academician Valentin Petrovich Glushko, whose 100th anniversary is celebrated this year.

2 сентября 2008 г. исполняется 100 лет со дня рождения всемирно известного ученого и конструктора ракетно-космической техники академика Валентина Петровича Глушко.

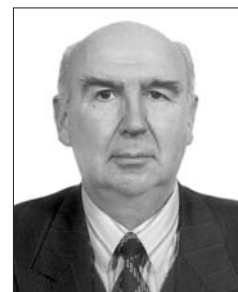
Жизнь и деятельность В.П. Глушко — пример гражданского и научного подвига. Его творческий путь в ракетной технике ознаменован многими выдающимися достижениями, из которых следует особо выделить разработку ЖРД для первой в мире космической ракеты Р-7, стартовавшей в октябре 1957 г., и создание в 1980-х гг. самой мощной в мире космической ракеты "Энергия", ставшей основой для многоразовой космической системы "Энергия" — "Буран". Этих двух разработок с избытком хватило бы для внесения имени Глушко в историю отечественной и мировой науки и космической техники как творца, достигшего высочайших вершин в выбранной им профессии.

В.П. Глушко в плеяде отечественных пионеров и творцов ракетно-космической техники — единственный, кто определил еще в школьные годы свой жизненный путь и остался верным этому выбору до последних дней своей жизни. В автобиографическом очерке "Рождение мечты и первые шаги" В.П. Глушко так определил отношение к избранному делу: "Счастлив тот, кто нашел свое призвание, способное поглотить все его помыслы и стремления, заполнить всю его жизнь чувством радости творческого труда. Дважды счастлив тот, кто нашел свое призвание еще в отроческие годы. Мне выпало это счастье". Еще в школьные годы Глушко осознал, что путь к исполнению мечты лежит через овладение знаниями, и он с увлечением изучает физику, химию, механику, читает литературу по этим предметам сверх школьной программы, самостоятельно ставит опыты в школьном физическом кабинете и химической лаборатории. С разрешения родителей оборудует в своей комнате домашнюю химическую лабораторию. В эти же годы у него проявляется интерес к астрономии, и он вступает в члены "Русского общества любителей миропведения", где становится сначала руководителем кружка молодых миропедов, а затем действительным членом этого общества.

В школьный период жизни В.П. Глушко задумал написать две книги: "История развития идеи межпланетных и межзвездных путешествий" и "Проблема эксплуатации ракет". Собранные в течение шести лет материалы для первой книги в 1928 г. были переданы профессору Н.А. Рынину, который их использовал при написании энциклопедии "Межпланетные путешествия", о чем с благодарностью упомянул в девятом, последнем томе энциклопедии, вышедшем в 1932 г. Вторую книгу Глушко подготовил в 1924 г. к изданию, получил положительный отзыв от почетного акаде-



КАТОРГИН
Борис Иванович —
ОАО "НПО Энергомаш"
им. академика
В.П. Глушко,
академик РАН



РАХМАНИН
Вячеслав Федорович —
главный специалист ОАО
"НПО Энергомаш" им.
академика В.П. Глушко,
член-корреспондент
Российской академии
космонавтики
им. К.Э. Циолковского,
кандидат техн. наук

мика Н.А. Морозова, но издать ее не представилось возможности. Эта книга вышла малым тиражом в НПО "Энергомаш" в 1998 г. к 90-летию В.П. Глушко, собранные в ней материалы представляют интерес и сейчас.

Тогда же, в мае 1924 г., Глушко опубликовал в одесской газете "Известия одесского губкома КПБУ" статью "Завоевание Землей Луны". Это была его первая публикация в печати по тематике межпланетных полетов.

В сентябре 1923 г., в возрасте 15 лет, В.П. Глушко обратился с письмом к Циолковскому, и это стало началом его многолетней переписки с основоположником научной космонавтики. В одном из писем в 1924 г. Глушко сформулировал основную цель своей жизни: *"Относительно того, насколько я интересуюсь межпланетными сообщениями, я Вам скажу только то, что это является моим идеалом и целью моей жизни, которую я хочу посвятить для этого великого дела"*. Верность этому обещанию, данному пятнадцатилетним подростком великому ученому, Глушко сохранил на всю жизнь. В процессе переписки К.Э. Циолковский регулярно присылал Глушко свои новые статьи и отвечал на многочисленные вопросы своего юного корреспондента. Эта переписка имела определяющее значение для Глушко. В упомянутом автобиографическом очерке В.П. Глушко так оценивает воздействие на него работ ученого: *"Изучение трудов Циолковского позволило мне понять, что центральными вопросами при разработке средств достижения космоса, в первую очередь, является изыскание оптимального источника химической энергии и овладение им в ракетном двигателе. Нет двигателя — и любая самая совершенная конструкция корпуса ракеты со всей ее начинкой — мертва"*. Этот вывод стал определяющим для всей дальнейшей жизни Глушко.

После школы Глушко продолжил учебу на физико-математическом факультете Ленинградского государственного университета. Темой своей дипломной работы он выбрал разработку проекта гелиоракетоплана с электротермическим реактивным двигателем для полета в космическом пространстве.

Предложенный в проекте электротермический реактивный двигатель стал своеобразным "пропус-

ком" в общество специалистов реактивного движения. Для разработки его конструкции и изготовления Глушко был приглашен на работу в ГДЛ, возглавлявшуюся известным инженером-изобретателем Н.И. Тихомировым. С 15 мая 1929 г., со дня начала работ В.П. Глушко по реактивной тематике, и ведет свою историю НПО "Энергомаш" им. академика В.П. Глушко. В ГДЛ Глушко работал под руководством Н.И. Тихомирова в творческом сотрудничестве с энтузиастами реактивного движения Г.Э. Лангеманом, Б.С. Петропавловским, В.А. Артемьевым, Н.Г. Чернышевым, И.И. Кулагиным и др. В результате года работы небольшого коллектива конструкторов-исследователей под техническим руководством Валентина Петровича была получена рабочая модель электротермического двигателя, однако отсутствие необходимого электропитания показало, что проект опережает технические возможности того времени, и Глушко сосредоточил свои творческие устремления на разработке ЖРД, известных ему по теоретическим трудам К.Э. Циолковского.



Валентин Петрович Глушко

С 1930 г. Глушко полностью переклонулся на разработку ЖРД. Он создал первый в нашей стране ОРМ (опытный реактивный мотор), работающий на четырехокиси азота и бензине. За этим первенцем последовал длинный ряд от ОРМ-1 до ОРМ-102, разработанный в 1938 г. Начав с двигателя, Глушко планировал вслед за ним разработать ракету с этим двигателем, но первые же опыты показали, что в деле создания ЖРД все значительно сложнее. Для создания работоспособного двигателя требуется вначале определить закономерности зажигания топлива, процесса его горения, охлаждения конструкции, особенности истечения газов через сверхзвуковое сопло и т.д. С помощью сотрудников ГДЛ, имеющих опыт разработки твердотопливных реактивных снарядов, Глушко первым среди отечественных специалистов приступает к проведению научно-исследовательских работ, в процессе которых он выбирает среди ряда химических веществ в качестве основного топлива азотную кислоту и керосин, определяет эффективный профиль сверхзвукового сопла, проводит сравнительные испытания различных способов зажигания топлива, разрабатывает обреченную конструкцию тракта наружного охлаждения камеры

довал длинный ряд от ОРМ-1 до ОРМ-102, разработанный в 1938 г. Начав с двигателя, Глушко планировал вслед за ним разработать ракету с этим двигателем, но первые же опыты показали, что в деле создания ЖРД все значительно сложнее. Для создания работоспособного двигателя требуется вначале определить закономерности зажигания топлива, процесса его горения, охлаждения конструкции, особенности истечения газов через сверхзвуковое сопло и т.д. С помощью сотрудников ГДЛ, имеющих опыт разработки твердотопливных реактивных снарядов, Глушко первым среди отечественных специалистов приступает к проведению научно-исследовательских работ, в процессе которых он выбирает среди ряда химических веществ в качестве основного топлива азотную кислоту и керосин, определяет эффективный профиль сверхзвукового сопла, проводит сравнительные испытания различных способов зажигания топлива, разрабатывает обреченную конструкцию тракта наружного охлаждения камеры

сгорания, выбирает эффективное теплозащитное покрытие. Все эти технические находки стали научно-техническим заделом для конструирования двигателей будущих отечественных боевых и космических ракет.

Практически все работы в ГДЛ, подчиненной Техническому штабу начальника вооружения РККА М.Н. Тухачевскому, велись для создания реактивного оружия. Этим же занимался и Глушко. Он в 1932–1933 гг. разработал ОРМ для морской глissiрующей торпеды и для установки на самолет И-4 в качестве реактивного ускорителя. Не была забыта и мечта о космических полетах. На первоначальном этапе она реализовалась в разработке ОРМ-50 для геофизической ракеты "05" МосГИРД и ОРМ-52 для экспериментальных ракет собственной конструкции РЛА-1, РЛА-2 и РЛА-3 с высотой подъема 2...4 км, а также в разработке проекта РЛА-100 для изучения параметров стратосферы на высотах до 100 км. В этом проекте имелся ряд перспективных конструкторских решений, но он не получил дальнейшего развития, ракета не изготавливалась.

Двигатели ОРМ-50 и ОРМ-52 прошли первые в нашей стране официальные стендовые испытания с оформлением соответствующего акта.

В январе 1934 г. В.П. Глушко приступил к работе в РНИИ, организованном в октябре 1933 г. по инициативе М.Н. Тухачевского. В организационный период перед Глушко встал вопрос о его дальнейшей специализации. Об этом времени он вспоминал: *"Нужно было выбирать, и я выбрал то, с чего начинается ракетная техника, что лежит в ее основе, определяет ее возможности и лицо — ракетное двигателестроение"*. В институте Глушко возглавил сектор по разработке ЖРД на азотно-кислотном топливе. Под его руководством продолжаются научно-исследовательские работы в области создания ЖРД, ведется разработка двигателей для летательных аппаратов. В 1935 г. был разработан ОРМ-65 тягой 170 кгс с дросселированием до 50 кгс для крылатой ракеты и ракетоплана конструкции С.П. Королева. По своим характеристикам это был лучший в мире ЖРД того времени. В эти же годы Глушко разрабатывает первый в нашей стране газогенератор, работающий на основных компонентах топлива с балластировкой водой для получения нужной температуры. Газогенераторы ГГ-1 и ГГ-2 могли работать часами, продолжительность их непрерывной работы определялась емкостью топливных баков. Вклад Глушко в разработку конструкций ЖРД и ГГ был оценен руководством института: весной 1936 г. его назначили главным конструктором ЖРД.

Кроме ведения конструкторско-испытательных работ Глушко публикует статьи в сборнике "Ракетная

техника", выступает с научными докладами на внутри-институтских и всесоюзных научно-технических конференциях, читает курс лекций по конструкции ЖРД и ракетному топливу в Военно-воздушной академии им. Н.Е. Жуковского (1933–1934 гг.), вместе с Г.Э. Лангемаком пишет книгу "Ракеты, их устройство и применение" (1935 г.).

В сентябре 1937 г. Валентину Петровичу исполнилось 29 лет, из них 8 лет он успешно занимается любимым делом, с каждым годом все глубже постигает особенности создания ЖРД. В начале 1938 г. им были разработаны ОРМ-101 и ОРМ-102, отличающиеся от предыдущих функциональным совершенством и конструктивным изяществом. И на этом гребне творческой волны произошел резкий поворот в его жизни. В марте 1938 г. по ложному обвинению в участии в антисоветской организации, якобы существовавшей в РНИИ, Глушко был арестован. В процессе следствия он был подвергнут физическому и моральному насилию и был вынужден признать сфабрикованные следователем обвинения. Его обращения к Вышинскому, Ежову, Берия, Сталину с просьбой объективно рассмотреть его дело не дали положительного результата, и через полтора года после ареста, 15 августа 1939 г., Особое совещание при НКВД вынесло свой приговор: 8 лет работы в исправительно-трудовом лагере. Однако как специалист в области оборонной техники Глушко был направлен в спецтюрьму 4-го Спецотдела НКВД. Вначале это была спецтюрьма при Тушинском авиазаводе, а с осени 1940 г. при Казанском авиамоторном заводе.

Находясь в заключении, Глушко во главе группы таких же заключенных-инженеров ведет разработку двигателя РД-1 для ускорения полета боевых самолетов. В начале января 1942 г. группа реорганизуется в КБ в составе ОКБ-16 4-го Спецотдела НКВД. В КБ под техническим руководством Глушко работают также заключенные профессора Жирицкий, Страхович, Гаврилов, Пазухин, инженеры Севрук, Витка, Лист, Уманский, Желтухин, Шнякин и др. В августе 1942 г. Казанскую спецтюрьму посетили В.М. Болховитинов и А.М. Исаев. По воспоминаниям Исаева, именно это знакомство с Глушко и его работами окончательно убедили Исаева в возможности создания ЖРД, и он принял решение посвятить этому делу всю свою жизнь.

В ноябре 1942 г. по ходатайству Глушко в Казань из Омска был переведен также находившийся в заключении Королев, которому поручили возглавить работы по интеграции двигателя РД-1 с самолетом Пе-2.

Летные испытания Пе-2 с двигателем РД-1 начались 1 октября 1943 г. Самой сложной при летных испытаниях являлась отработка зажигания топлива на высотах более 3,5 км. Проблема была решена введени-

ем химзажигания от пускового горючего. Двигатель в таком исполнении получил обозначение РД-1ХЗ.

Двигатели РД-1 и РД-1ХЗ прошли цикл летных испытаний на истребителях Ла-7, Як-3, Су-7 и бомбардировщике Пе-2. Максимальное прибавление скорости у самолета Як-3 составило 182 км/ч.

Достигнутые успехи в разработке военной техники были оценены: 27 июля 1944 г. по представлению НКВД Глушко и его ближайшие сотрудники — Севрук, Жирицкий, Королев, Лист, Витка и другие — были досрочно освобождены со снятием судимости. Бывшие заключенные составили творческое ядро вновь организованного ОКБ реактивных двигателей во главе с главным конструктором Глушко и его заместителями Севруком, Жирицким и Королевым. В сентябре 1945 г. руководящий состав ОКБ-РД за разработку военной техники получил государственные награды: Глушко и Севрук — ордена Трудового Красного Знамени, остальные — ордена "Знак Почета".

После окончания Великой Отечественной войны советские инженеры направлялись в Германию для изучения трофейной военной техники. Глушко с инженерами ОКБ-РД выехал в Германию в июле 1945 г. и с небольшими перерывами находился в командировке до ноября 1946 г.

За это время он и работники ОКБ-РД собрали полный комплект конструкторской документации на двигатель ракеты А-4, выбрали технологическую оснастку и оборудование для изготовления этих двигателей, а также несколько экземпляров как полностью собранных, так и частично недоукомплектованных двигателей и подготовили все это для отправки в СССР.

В соответствии с правительственным постановлением от 13 мая 1946 г. для работ с двигателем А-4 был выделен авиазавод в г. Химки, туда же в ноябре 1946 г. перевели из Казани ОКБ-РД. Коллективам завода и ОКБ было поручено воспроизвести двигатель А-4 и создать технические основы для проектирования новых двигателей собственной конструкции. Они успешно справились с поставленными задачами, в мае 1948 г. на стенде было проведено первое огневое испытание двигателя РД-100 (копия двигателя А-4), изготовленного из отечественных материалов, а в течение последующих семи лет были разработаны форсированные по тяге двигатели, обеспечивавшие дальность полета ракет Р-2 и Р-5 на 600 и 1200 км. Параметры и надежность ракеты Р-5 позволили оснастить ее ядерной боеголовкой. Это техническое достижение получило высокую оценку: ОКБ наградили орденом Трудового Красного Знамени, а Глушко в 1956 г. был удостоен звания Героя Социалистического Труда.

Следующим этапом стала разработка двигателей для первой межконтинентальной ракеты Р-7. Известно, что она же стала и первой в мире космической ракетой, которая вывела в октябре 1957 г. в околоземное космическое пространство первый рукотворный спутник Земли. За успешную разработку двигателей ракеты Р-7 Глушко получил звание лауреата Ленинской премии.

В 1958 г. за выдающийся научно-технический вклад в теорию и практику отечественного двигателестроения В.П. Глушко избирается действительным членом Академии наук СССР. В 1961 г. за заслуги в создании космической техники, обеспечившей полет Ю.А. Гагарина, он получил вторую звезду Героя Социалистического Труда, ОКБ-456 было награждено орденом Ленина, работники ОКБ и завода получили государственные награды.

С запуска первого спутника в истории человечества началась космическая эра. Существенный вклад в создание ракетно-ядерного щита и освоение космического пространства внесло предприятие, руководимое Глушко. Так, начиная с 1948 по 1974 г., когда Глушко стал генеральным конструктором и директором НПО "Энергия", под его руководством разработано более 50 наименований высокоэффективных двигателей для боевых и космических ракет. Эти двигатели установлены на I и II ступенях ракет "Союз", "Космос-2", "Циклон-2" и "Циклон-3", а также на I ступенях ракет "Космос-3М" и "Протон". Кроме того, техническая идея компоновки и характеристики двигателей для I и II ступеней ракеты "Зенит" и I ступени ракеты "Энергия" также принадлежит Глушко. Указанные ракеты полностью охватывали весь "космический флот" Советского Союза и обеспечивали вывод в космическое пространство грузов массой от 450 кг до 100 т.

Создавая новые двигатели, Валентин Петрович наряду с обеспечением требований по надежности конструкции придавал большое значение получению высокой экономичности двигателя путем использования высокоэффективных ракетных топлив. Он много и плодотворно работал в этом направлении. Благодаря его инициативе и целеустремленности в отечественной ракетной технике нашли применение азотный тетроксид, НДМГ, фтор, аммиак, на пороге внедрения была высококонцентрированная перекись водорода, велись работы по использованию в качестве горючего порошкообразного гибрида бериллия и т.д. Он первый и пока единственный среди отечественных ракетчиков применил на второй ступени ракеты "Энергия" жидкий водород. Кроме практических работ с новыми топливами Глушко вел широкие теоретические исследования, результаты которых изложены в вышедшей в 1955 г. монографии "Источники энергии и их исполь-

зование в реактивных двигателях", под его редакцией вышли многотомные справочники теплофизических свойств и термических констант химических веществ, он многие годы возглавлял научный совет при Президиуме АН СССР по проблеме "Жидкое ракетное топливо".

Все годы развитие ракетной техники шло по пути повышения технических характеристик ракет для решения новых, более сложных боевых или научно-технических задач, а это вело к большим финансовым и временным затратам. И одной из наиболее затратных статей при создании ракеты является разработка двигателя. Анализ отечественной истории создания ракет показал, что практически для каждой новой ракеты разрабатывался новый двигатель. С учетом такого анализа, В.П. Глушко предложил программу создания последовательного ряда космических ракет, основанного на использовании различного числа устанавливаемых модульных двигателей.

Единожды отработанный на стенде и при летных испытаниях модульный двигатель затем с минимальными изменениями и после контрольных испытаний используется на первых ступенях последовательного ряда ракет: ракеты легкого класса комплектуются одним модульным двигателем, среднего класса — двумя-тремя, тяжелого и сверхтяжелого класса — четырьмя и более двигателями. Этот метод удалось реализовать при создании РН легкого класса "Зенит" (один двигатель РД-171) и тяжелого класса "Энергия" (четыре двигателя РД-170), в планах стояла разработка РН среднего класса "Гроза" (два модульных двигателя) и сверхтяжелого класса "Вулкан" (восемь модульных двигателей). И хотя дальнейшие работы по созданию планируемого ряда космических ракет с модульным двигателем РД-170 были прекращены в начале 1990-х гг., для самого мощного ЖРД XX века — РД-170 — было найдено новое применение.

Четырехкамерный двигатель РД-170 стал базовым в процессе создания двухкамерного двигателя РД-180 для американской РН "Атлас" и однокамерного двигателя РД-191. Именно РД-191 является модульным двигателем для семейства РН "Ангара", которое включает ракеты легкого класса "Ангара-1.1" и "Ангара-1.2" (один двигатель РД-191), среднего класса "Ангара-3" (три двигателя РД-191) и тяжелого класса "Ангара-5" (пять двигателей РД-191).

В мае 1974 г. В.П. Глушко был назначен генеральным конструктором и директором НПО "Энергия", созданного на базе ЦКБЭМ и КБ Энергомаш с их заводами и филиалами, и КБ "Салют". За время его работы в НПО "Энергия" с 1974 по 1989 г. под его руководством проведено дальнейшее совершенствование пи-

лотируемых космических кораблей "Союз" (и их модификаций "Союз Т" и "Союз ТМ"), орбитальных станций серии "Салют", создан базовый блок долговременной орбитальной станции "Мир". Были успешно реализованы программы пилотируемых полетов, в том числе с участием иностранных космонавтов.

Апофеозом деятельности Глушко стало создание ракеты-носителя "Энергия" и ракетно-космической системы "Энергия" — "Буран". В процессе разработки ракеты "Энергия" возникало множество технических проблем, одной из основных стало создание двигателя РД-170. Ряд маститых ученых и конструкторов заявили о невозможности создания ЖРД выбранной мощности. Однако, вопреки этому "научному" прогнозу, двигатель был создан, а ракета "Энергия" с первого пуска 15 мая 1987 г. доказала свою эффективность. Второй, он же последний, пуск ракеты "Энергия" в составе ракетно-космической системы "Энергия" — "Буран" завершился триумфальной посадкой в автоматическом режиме космического самолета "Буран". О роли и значении В.П. Глушко в создании двигателя РД-170 и РН "Энергия" можно говорить много. Приведем только две цитаты из выступлений на митинге по случаю открытия памятника В.П. Глушко в Москве на Аллее героев космоса 4 октября 2001 г.

Ю.Н. Коптев, начальник главка и заместитель министра МОМ в период разработки РН "Энергия": "Двигатель РД-170 появился только благодаря настойчивости, упорству и безоглядной вере в его создание — лично Валентина Петровича. Он очень неординарный человек, который умел и настоять, и умел выстоять. ... Сегодняшняя ракетная техника стоит на базе того, что было создано великими учеными и конструкторами XX века, и одним из самых значимых среди них был Валентин Петрович Глушко".

Ю.П. Семенов, в тот же период заместитель генерального конструктора НПО "Энергия": "Об активной деятельности Валентина Петровича можно сказать, что без него не было бы ни того двигателя, который вынес на орбиту мощную ракету "Энергия", аналогов которой и сейчас нет во всем мире, ни самой "Энергии".

Успешный полет в 1988 г. ракетно-космической системы "Энергия" — "Буран" подвел итог 60-летнему пути Глушко в ракетной технике. Напомним, что начал он этот путь в 1928 г. с разработки проекта космического корабля "Гелиоракетоплан" с электротермическим двигателем, представленным им в качестве дипломной работы.

Творческая жизнь В.П. Глушко имела многогранный характер. О широте его практических работ и научно-теоретических исследований сказано и написано достаточно много, и все же осталась одна сторона

его деятельности, о которой ранее мало упоминалось. Глушко много и плодотворно занимался популяризацией космонавтики, выступая с докладами, печатаясь в различных газетах и журналах. Это было особенно необходимо в 1950—1960-е гг., когда почти все работы в области космонавтики находились под покровом секретности и отсутствие подробностей происходящих событий могло засушить общественный интерес к этой области деятельности. В связи с засекречиванием фамилий главных конструкторов ракетно-космической отрасли Глушко был вынужден печатать свои статьи под псевдонимом "профессор Г.В. Петрович", только в начале 1970-х гг. завеса секретности была снята, и он стал подписывать статьи своей фамилией. На сегодня нами собрано около 40 опубликованных статей и сделанных им докладов. Это наследие Глушко тематически охватывает юбилейные доклады, включая выступление на праздновании 100-летия К.Э. Циолковского в Колонном зале Дома Союзов в 1957 г., историю отечественной ракетно-космической техники, популяризацию достижений космонавтики, перспективы развития науки и техники. Его статьи публиковались в центральных газетах ("Правда", "Известия", "Труд", "Комсомольская правда", "Неделя" и др.), а также в журналах "Советский Союз", "Вестник АН СССР" и др. Из многообразия тематики его статей следует выделить обращения к молодежи с призывом заниматься космической наукой и техникой и особенно пропаганду успехов космонавтики и перспективности ее развития в серии статей, опубликованных в газетах "Известия" и "Правда" в 1988 г., когда на волне "перестройки" появились тенденции к свертыванию работ в космической отрасли. Это был последний год жизни Валентина Петровича, и эти статьи сейчас воспринимаются как его завещание нам, его ученикам и последователям.

Кроме статей в периодической печати Глушко написал несколько книг, адресованных не только специалистам, но и широкому кругу читателей: "Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР" (три издания — в 1973 г., 1981 г. и 1987 г., два из них — в издательстве "Машиностроение"), "Ракетные двигатели ГДЛ-ОКБ" (1975 г.), "Путь в ракетной технике" (1977 г., издательство "Машиностроение"). Под его редакцией вышли "Маленькая энциклопедия "Космонавтика" (два издания — в 1968 г. и 1970 г.) и "Энциклопедия "Космонавтика" (1985 г.).

Вся жизнь В.П. Глушко была подчинена одной всепоглощающей страсти — творческой работе. Он был великий труженик, его мозг всегда находился в работе. В своем рабочем кабинете, на отдыхе, в салоне самолета, в купе вагона, в автомобиле он постоянно что-то обдумывал и заносил в маленькую записную книжку одному ему понятные заметки. А затем эти заметки воплощались в конструкцию совершенных двигателей, в использование новых высокоэффективных ракетных топлив, в характеристики самой мощной в мире космической ракеты. Его дела вписаны яркой страницей в историю мировой и отечественной ракетной техники. Его научно-технические достижения стали достоянием истории человеческого общества и сохраняются в ее анналах.

Огромный труд В.П. Глушко получил достойную оценку современников, он был награжден практически всеми высшими государственными наградами СССР, а также удостоен ряда общественных наград: Академия Наук СССР наградила его Золотой медалью К.Э. Циолковского "За выдающиеся работы в области межпланетных сообщений", Международная федерация астронавтики наградила его международным дипломом за достижения в области развития ракетно-космической техники и исследования физико-технических проблем энергетики, Глушко был избран ее действительным членом.

Ученому было присвоено звание почетного гражданина нескольких городов нашей страны, его именем названы предприятия и научная организация, улица в Москве и проспект в Одессе, улицы в других городах, установлены скульптурные памятники, выпущены памятные медали и почтовые марки.

Имя Валентина Петровича Глушко, посвятившего свою жизнь созданию ракетно-космической техники, увековечено на естественном спутнике Земли: на заповедной видимой стороне Луны имеется кратер В.П. Глушко, он соседствует с кратерами, носящими имена величайших ученых мира — Нильса Бора, Альберта Эйнштейна, Галилео Галилея, Джона Дальтона, и это говорит о международном признании выдающихся заслуг В.П. Глушко в освоении космического пространства.

НПО "Энергомаш" гордо носит сегодня имя академика Валентина Петровича Глушко — своего основателя и бессменного научно-технического руководителя. Предприятие ставит перед собой новые сложные задачи и стремится реализовать их на высочайшем научном и техническом уровне. Лучшей памятью о Валентине Петровиче Глушко станут новые двигатели, создаваемые его учениками и последователями.

УДК 629.7

Транспортные самолеты с аэродинамически несущим корпусом

А.М. Матвеев, О.Д. Волчков, А.А. Зотов

Предлагается нетрадиционная аэродинамическая компоновка для дозвуковых транспортных самолетов нового поколения, основанная на использовании аэродинамически несущего корпуса, имеющего в плане форму вытянутого по потоку эллипса с определенным отношением осей. Боковая поверхность этого корпуса может иметь плосковыпуклую или двояковыпуклую форму.

A.M. Matveyenko, O.D. Volchkov, A.A. Zotov. All-Body Transport Aircraft

The article describes a non-standard aerodynamic layout for the new generation subsonic aircraft – all body aircraft with the airframe in the form of an elongated ellipse, which sides are either convex-planed or double-convexed.

Бурный рост грузопассажирских авиаперевозок обуславливает разработку новых средне- и дальнемагистральных транспортных самолетов, обладающих большой грузоподъемностью и большой взлетной массой. Наряду с этим развивается транспортная авиация, используемая на местных авиалиниях.

Практически все проектируемые в настоящее время самолеты имеют традиционную аэродинамическую компоновку, для которой характерно наличие крыла, фюзеляжа, органов аэродинамической стабилизации и управления, а также посадочного устройства, главным образом в виде колесного шасси.

Улучшение летно-технических и эксплуатационных характеристик таких самолетов связано с дальнейшим совершенствованием традиционной аэрокосмической компоновки, разработкой новых конструктивных решений, применением новых технологий и конструкционных материалов, позволяющих уменьшить массовые характеристики конструкции и увеличить массу полезного груза, разработкой новых высокоэкономичных двигателей, позволяющих снизить затраты топлива, использовать новые типы топлива, а также с повышением уровня комфортности и безопасности полета и т.д.

Наряду с этим существует потребность в разработке транспортных самолетов нового типа, способных решать задачи, реализация которых невозможна в рамках традиционной аэродинамической компоновки самолета. Эти новые задачи транспортной авиации в России связаны, прежде всего, с экономическим освоением территорий Западной и Восточной Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока.

Развивающаяся нефтегазовая отрасль требует доставки в удаленные районы возрастающего количества грузов и людей. В то же время эти малонаселенные и малообжитые районы с очень слабо развитой сетью наземных дорог не имеют хорошо подготовленных взлетно-посадочных полос с твердым покрытием для приема большого количества транспортных самолетов.

В связи с этим особую актуальность приобретает проблема создания транспортных самолетов, обладающих достаточно большой грузоподъемностью, способных производить посадку и взлет, используя небольшие по размерам грунтовые площадки и водную поверхность, достаточно надежных, безопасных и экономичных в эксплуатации, которые могли бы работать на новых типах топлива (например, сжиженный газ), не оказывающих вредного влияния на экологию окружающей среды, способных



МАТВЕЕВКО
Александр Макарович –
заведующий кафедрой
МАИ, академик РАН



ВОЛЧКОВ
Олег Дмитриевич –
доцент МАИ, кандидат
техн. наук



ЗОТОВ
Анатолий Александрович –
профессор МАИ,
доктор техн. наук

надежно функционировать в экстремальных условиях Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока.

В рамках традиционной классической аэродинамической компоновки такие самолеты создать практически невозможно. Поэтому при создании транспортных самолетов нового поколения, способных решать перечисленные задачи, предлагается использовать одну из возможных нетрадиционных аэродинамических компоновок — самолет с аэродинамически несущим корпусом. При выборе геометрической формы такого корпуса предлагается использовать определенную концепцию, обосновывающую преимущества этой компоновочной схемы самолета.

По нашему мнению, существуют также широкие возможности применения данной концепции не только для транспортных самолетов, но и для самолетов другого назначения.

Основные преимущества транспортных самолетов нового поколения, соответствующих предлагаемой концепции, заключаются в следующем:

- уменьшение относительных и удельных массовых характеристик конструкции самолета и увеличение относительной массы полезного груза;
- минимизация аэродинамического сопротивления и повышение аэродинамического качества самолета на всех полетных режимах;
- увеличение полезного внутреннего объема самолета без существенного увеличения его габаритных размеров;
- повышение надежности функций устойчивости и управляемости самолета на всех режимах полета самолета;
- повышение уровня безопасности полета при возникновении аварийных ситуаций;
- расширение возможностей осуществления безопасных взлетно-посадочных операций как с хорошо подготовленных взлетно-посадочных полос с твердым покрытием, так и с грунтовых площадок ограниченных размеров и водной поверхности;
- обеспечение возможности использования альтернативных применяемому сегодня горючему видов топлива (сжиженного газа и пр.).

Кратко рассмотрим вопрос о том, за счет каких факторов можно реализовать в самолетах рассматриваемого типа перечисленные преимущества.

Идеологической основой проекта транспортного самолета нового поколения является отказ от традиционной аэродинамической компоновки самолета и использование вместо нее альтернативной аэродинамической компоновки, основу которой составляет аэродинамически несущий корпус, выполняющий функ-

ции крыла и фюзеляжа, т.е. создающий необходимую для полета подъемную аэродинамическую силу и служащий для размещения бортовых систем и полезного груза.

Похожая аэродинамическая компоновка самолета известна в авиации под условным названием "летающее крыло". Одним из известных современных самолетов, выполненных по этой аэродинамической схеме, является бомбардировщик "Нортроп В-2" (США), разработанный по программе малозаметных самолетов.

В отличие от аэродинамической компоновки типа "летающее крыло" самолеты с аэродинамически несущим корпусом не имеют крыльев — корпус сам выполняет функцию крыла по созданию необходимой аэродинамической подъемной силы. Для этого ему придается соответствующая хорошо обтекаемая аэродинамическая форма. По сравнению со схемой "летающее крыло" аэродинамически несущий корпус имеет существенно большую относительную толщину профиля, необходимую для размещения внутри корпуса полезного груза, бортовых систем, топлива и пр.

Геометрическую форму в плане аэродинамически несущего корпуса диктуют требования аэродинамики — обеспечение максимальной подъемной силы и минимальной силы лобового сопротивления.

Наибольшее распространение в экспериментальных самолетах с аэродинамически несущим корпусом получила форма корпуса в плане в виде треугольника; угол стреловидности по передней кромке составляет $60^\circ \dots 70^\circ$ (американские экспериментальные самолеты Х-24, Х-33 и др.).

При разработке транспортных самолетов нового поколения предлагается использовать концепцию аэродинамически несущего корпуса самолета под условным названием СПЭЛЛОИД.

В соответствии с этой концепцией аэродинамически несущий корпус самолета представляет собой удлиненное вдоль потока, хорошо обтекаемое профилированное тело, боковая поверхность которого может иметь плосковыпуклую или двояковыпуклую форму: верхняя часть выпуклая, нижняя часть — плоская или слабовыпуклая. При этом геометрическая форма в плане такого аэродинамически несущего корпуса представляет собой эллипс, большая ось которого расположена вдоль продольной оси самолета (по потоку). Соотношение осей $b/a = 0,6 \dots 0,8$. Такая форма корпуса напоминает сплюснутый вдоль малой оси эллипсоид, отсюда и условное обозначение концепции СПЭЛЛОИД (СПлюснутый ЭЛлипсОИД).

Предлагаемая форма в плане аэродинамически несущего корпуса использует уникальные свойства крыла эллипсовидной формы в плане: максимальное зна-

чение коэффициента аэродинамической подъемной силы $c_{y \max}$ при удлинении меньше единицы ($0,6 \leq \lambda < 1$), реализуемое при достаточно больших углах атаки ($\alpha \approx 30 \dots 40^\circ$), а также минимальное значение коэффициента индуктивного сопротивления.

На рис. 1 приведены графики, характеризующие зависимость максимального значения коэффициента подъемной аэродинамической силы от удлинения для крыльев различной формы в плане. Эти данные получены проф. Г.Ф. Бурого в результате продувок в аэродинамической трубе в ВВИА им. Н.Е. Жуковского [1]. Видно, что максимальное значение коэффициента подъемной силы $c_{y \max}$ для крыла эллиптической формы в плане реализуется при удлинении $\lambda \approx 0,75 \dots 0,80$.

Обозначим большую полуось эллипса — a , малую ось — b , тогда площадь эллипса можно записать в виде $S = \pi ab$.

Если большая полуось расположена по потоку, размах эллиптического крыла $l = 2b$ и, следовательно, его удлинение может быть представлено выражением

$$\lambda = l^2 / S = (2b)^2 / (\pi ab) = 4b / (\pi a),$$

и в этом случае $\lambda < 4/\pi$.

Максимум коэффициента подъемной силы такого крыла, достигаемый при $\lambda \approx 0,75 \dots 0,80$, соответствует соотношению полуосей $b/a \approx 0,59 \dots 0,63$.

Если эллипсовидное крыло имеет большую полуось, расположенную перпендикулярно потоку, то размах крыла $l = 2a$ и удлинение такого крыла представляется зависимостью

$$\lambda = 4a / (\pi b),$$

и в этом случае $\lambda > 4/\pi$. Коэффициент подъемной силы такого крыла существенно уменьшается с увеличением удлинения, т.е. с ростом соотношения a/b (см. рис. 1).

В частном случае, когда $a = b$, имеем круглое (дискообразное) крыло, попытки использования которого в экспериментальных самолетах хорошо известны.

Таким образом, оптимальным для крыла эллиптической формы в плане с расположенной по потоку большей осью можно считать удлинение в диапазоне $0,6 \leq \lambda < 4/\pi$, что соответствует соотношению полуосей $b/a \approx 0,6 \dots 0,8$.

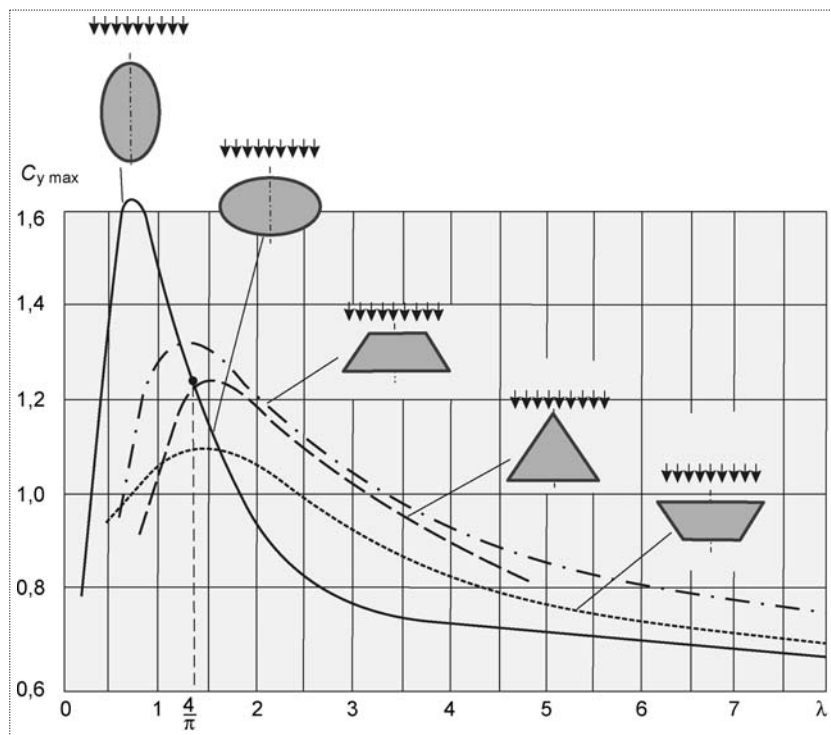


Рис. 1

На основании изложенного выше предлагается при создании аэродинамически несущего корпуса транспортного самолета использовать хорошо обтекаемое профилированное тело, имеющее форму в плане в виде эллипса с большей осью, расположенной по потоку, с соотношением осей, указанным выше.

Минимизация лобового сопротивления аэродинамически несущего корпуса самолета предлагаемого вида достигается минимизацией коэффициента индуктивного сопротивления.

Из теории крыла конечного размаха известно выражение, определяющее величину этого коэффициента:

$$c_{xi} = k_i c_y^2 / (\pi \lambda),$$

где множитель k_i , чуть больший единицы, изменяется в зависимости от формы крыла в плане. Для крыла эллиптической формы этот коэффициент имеет минимальное значение $k_i = 1$.

Лобовое сопротивление аэродинамически несущего корпуса предлагаемого вида при дозвуковом обтекании может быть снижено за счет уменьшения сопротивления трения, обусловленного уменьшением "смачиваемой" поверхности и уменьшения площади миделевого сечения корпуса.

И, наконец, предлагаемая форма в плане аэродинамически несущего корпуса способствует (при соблюдении надлежащей центровки самолета) успешному

решению вопроса продольной статической устойчивости и управляемости самолета практически на всех режимах полета.

Таким образом, с точки зрения аэродинамики, предлагаемый аэродинамически несущий корпус представляет собой крыло супермалога удлинения.

К недостаткам таких крыльев, как известно, относятся сравнительно малое значение коэффициента подъемной силы при малых углах атаки, характерных для практического самолетовождения ($\alpha \leq 15...20^\circ$), а также нелинейная зависимость в дозвуковом режиме полета этого коэффициента от угла атаки (относительно небольшие приращения коэффициента Δc_y при изменении угла атаки на $\Delta \alpha$).

Эти недостатки существенно ухудшают взлетно-посадочные характеристики и усложняют пилотирование самолета подобной схемы при взлете и посадке. Поэтому без применения специальных мероприятий по увеличению коэффициента подъемной силы на малых углах атаки, типичных для практики самолетовождения, использование предлагаемой схемы может вызвать существенные трудности.

Для самолетов с классической аэродинамической компоновкой известно много способов увеличения коэффициента подъемной силы крыла за счет применения различных приспособлений и устройств (механизации крыла). Применение подобных устройств для увеличения подъемной силы несущего корпуса принципиально возможно, но этот вопрос требует специальной проработки.

Одним из способов, который может оказаться наиболее приемлемым и эффективным для аэродинамически несущего корпуса, является способ управления пограничным слоем (УПС). При этом могут быть использованы различные принципы управления пограничным слоем, основанные как на отсосе воздуха из пограничного слоя, так и на вдуве в пограничный слой воздуха, увеличивающего кинетическую энергию воздушного потока в пограничном слое.

Возможно применение и других систем управления обтеканием, например, основанных на использовании активных вихревых ячеек, в которых генерируются вихревые структуры, обеспечивающие безотрывное обтекание корпуса воздушным потоком [3], [4].

Еще одним способом улучшения взлетно-посадочных характеристик самолета с несущим корпусом предлагаемой схемы может служить использование принципа управления вектором тяги двигательной установки путем отклонения вектора тяги в плоскости тангажа для создания вертикальной составляющей тяги, компенсирующей часть силы тяжести самолета при взлете и посадке.

Применение дублированной системы стабилизации и управления — традиционной аэродинамиче-

ской системы стабилизации и управления (стабилизатор, киль) и одновременно газодинамической реактивной системы стабилизации и управления, широко используемой в ракетно-космической технике, позволит повысить надежность функций устойчивости и управляемости такого самолета на всех режимах полета, повысит уровень безопасности полетов. Например, в случае отказа в полете двигательной установки перевод и удержание самолета на балансировочном режиме с максимально возможным углом атаки, обеспечивающим максимум подъемной аэродинамической силы, позволит осуществить планирование и безопасную посадку самолета в аварийном случае.

Применение аэродинамически несущего корпуса, имеющего форму в рамках концепции СПЭЛЛОИД, позволит существенно увеличить полезный внутренний объем самолета по сравнению с аналогичными самолетами традиционной классической аэродинамической схемы.

Кроме того, такая форма корпуса без существенных затруднений позволяет использовать при взлете и посадке не только шасси колесного (или лыжного) типа, но и взлетно-посадочное устройство, основанное на принципе "воздушной подушки". Это обусловлено наличием большой по размерам плоской поверхности нижней части корпуса, что отсутствует у самолетов с обычной аэродинамической компоновкой.

Наличие значительных внутренних полезных объемов позволяет без существующих затруднений использовать в качестве горючего сжиженные газы, топливные емкости которых превышают по объему соответствующие емкости с традиционным углеводородным горючим.

Наконец, форма аэродинамически несущего корпуса, выбранного в соответствии с концепцией СПЭЛЛОИД, по аналогии с дискообразной формой крыла должна обладать хорошими антиштопорными характеристиками, а также высокими жесткостными свойствами конструкции.

Применение в конструкции современных высокопрочных композиционных материалов позволит существенно снизить относительную и удельную массу конструкции и увеличить относительную массу полезного груза таких самолетов.

Таковы, в общих чертах, основные особенности общей концепции предлагаемого проекта транспортного самолета нового поколения.

Следует отметить, что одной из первых попыток создания таких самолетов является проект "Летательные аппараты ЭКИП", работы по которому проводились негосударственной организацией под техническим руководством профессора Л.Н. Щукина в 1990-е гг. [2]. Они не были завершены из-за отсутствия

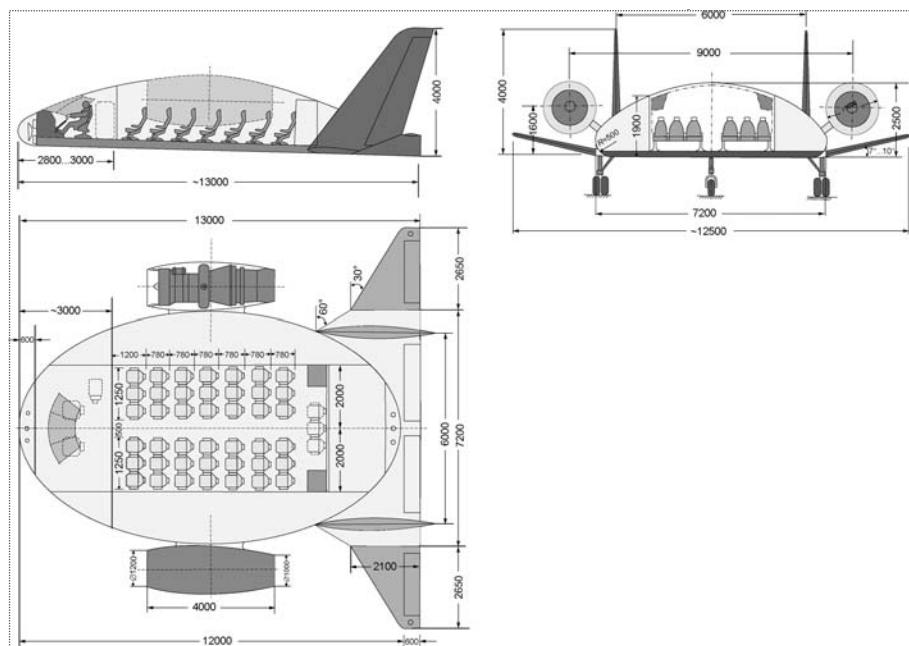


Рис. 2



Рис. 3

финансирования и преждевременной кончины руководителя этих работ.

Для более четкого представления о предложенной концепции применительно к дозвуковым транспортным самолетам с аэродинамически несущим корпусом рассмотрим упрощенную принципиальную схему, характеризующую в укрупненном виде состав конструкции и некоторые возможные варианты аэродинамической компоновки таких самолетов.

На поверхности верхней кормовой части корпуса, за поперечным сечением, соответствующим максимальной толщине профиля корпуса, в нескольких поперечных сечениях расположены ячейки системы УПС.

Возможны два варианта компоновки задней части корпуса самолета. В первом варианте стабилизатор и киль крепятся непосредственно к корпусу с помощью специальных переходных элементов. Во втором варианте к задней части корпуса по его полупериметру пристыкована разделительная пластина, имеющая прямые боковые и заднюю кромки. Эта пластина увеличивает площадь корпуса в плане и служит для крепления органов аэродинамической стабилизации и управления — стабилизатора и киля.

Вдоль задней кромки разделительной пластины может быть установлен выдвижной (аэродинамический) закрылок (либо располагается реактивный закрылок). Стабилизатор может быть выполнен частично неподвижным (с воздушными рулями высоты) или полностью поворотным. Киль также может иметь различную схему расположения — либо в виде одной вертикальной плоскости или в виде двух разне-

сенных вертикальных плоскостей, снабженных рулями управления.

Двигательная установка может размещаться как внутри корпуса, что нецелесообразно с точки зрения уменьшения внутреннего полезного объема, так и снаружи. В последнем случае двигатели крепятся к корпусу с помощью специальных пилонов.

На нижней плоскости корпуса самолета может размещаться посадочное устройство — либо в виде колесного (лыжного) шасси, либо в виде устройства типа "воздушной подушки". Возможно использование также шасси с поплавками вместо колес или оформление корпуса в виде лодки (самолет-амфибия).

На рис. 2 представлена одна из возможных компоновок дозвукового транспортного самолета нового поколения с аэродинамически несущим корпусом, а на рис. 3 — фотография демонстрационной модели такого самолета.

Список литературы

1. Пашковский И.М. Особенности устойчивости и управляемости скоростного самолета: М.: Воениздат, 1961. 350 с.
2. Шукин Л.Н. Летательные аппараты "ЭКИП" // Гражданская авиация. 1993. № 6. С. 11–15.
3. Баранов П.А., Гувернюк С.В., Ермишин А.В. и др. Управление обтеканием тел с вихревыми ячейками в приложении к летательным аппаратам интегральной компоновки (численное и физическое моделирование). М.: СПб, 2001. 358 с.
4. Savitsky A.I., Stshukin L.N., Karelin V.G. et al. Method for control of the boundary layer on the aerodynamic surface of an aircraft provided with the boundary layer control system. Pat. US 5417391. May 23, 1995.



ДОЛЖЕНКОВ
Николай Николаевич — первый заместитель генерального директора — генерального конструктора, технический директор ОАО "ОКБ им. А.С. Яковлева", доктор техн. наук



ПОПОВИЧ
Константин Федорович — главный конструктор ОАО "ОКБ им. А.С. Яковлева", кандидат техн. наук



СОРОКИН
Виктор Фомич — главный специалист ОАО "ОКБ им. А.С. Яковлева"

Авиационный тренажер как наземный компонент перспективного учебно-тренировочного комплекса

Н.Н. Долженков, К.Ф. Попович, В.Ф. Сорокин

Рассмотрены вопросы создания тренажера нового поколения, входящего в состав учебно-тренировочного комплекса Як-130. Комплекс включает в себя учебно-боевой самолет Як-130 и наземные технические средства обучения. Показано, что тренажер, впервые в практике отечественного авиастроения появившийся раньше серийного самолета, позволил решить ряд задач летных испытаний учебно-боевого самолета Як-130.

N.N. Dolzhenkov, K.F. Popovich, V.F. Sorokin. Aircraft Simulator: Ground Component Of Future Training Aircraft

The article spotlights the need to develop a new-generation simulator as part of the Yak-130 training aircraft complex, which is to include the Yak-130 combat-trainer and ground-based training equipment. It is the first time in the Russian aircraft industry that the simulator appeared and was commissioned before the production version of the aircraft, which facilitated the success of flight tests of the new combat trainer.

Создание самолетов пятого поколения неразрывно связано с использованием высоких технологий проектирования. Это утверждение лучше всего иллюстрируется процессом разработки и создания в ОКБ им. А.С. Яковлева первого отечественного учебно-тренировочного комплекса (УТК) подготовки летного состава УТК-Як. В данном УТК сконцентрированы современные подходы к комплексированию всех компонентов.

Основными компонентами УТК-Як являются: учебно-боевой самолет (УБС) Як-130 и авиационные тренажеры модульной конструкции специализированного и процедурного типа. Кроме того, в комплекс входят электронные классы автоматизированной обучающей системы и интегрированная система объективного контроля учебного процесса.

Предпосылкой успешного создания авиационных тренажеров служат уникальные технологии разработки и отладки всех систем самолета на базе самолетного ОКБ. Специально созданный стенд для отладки комплексной системы управления самолета обеспечил возможность использования бортовых алгоритмов управления при создании программных модулей авиационных тренажеров. Кроме того, создание для Як-130 интегрированного комплекса бортового оборудования нового поколения с принципиально новой системой подготовки и представления информации на борту самолета позволило оснастить им и авиационные тренажеры. Новый подход к созданию самолета и тренажера в ОКБ им. А.С. Яковлева обеспечил создание учебно-тренировочного комплекса и его компонента — специализированного тренажера боевого применения нового поколения СТБП-130 (рис. 1).

Необходимо отметить, что впервые в нашей стране тренажер появился раньше, чем сам самолет. Это обусловило определенные трудности при создании тренажера (неполная информация о работе некоторых самолетных систем, постоянные корректировки по результатам их отработки и т.п.), однако дало и положительные результаты. Появилась возможность отработать многие режимы применения самолета в усло-



Рис. 1. Специализированный тренажер боевого применения СТБП-130

виях реального информационно-управляющего поля кабины летчика и максимально реалистичного представления закабинного пространства. К таким режимам относятся такие сложные для освоения летным составом действия, как подготовка и применение оружия.

Боевая эффективность современных авиационных комплексов и безопасность полетов во многом определяются совершенством авиационных тренажеров и уровнем профессиональной подготовки летного состава. Эффективность обучения на тренажерах во многом определяется их совершенством как инструмента инструктора, с одной стороны, так и методикой их применения в процессе подготовки летного состава — с другой.

В процессе многолетней эксплуатации тренажеров в авиационных частях и учебных заведениях ВВС были выявлены их преимущества и недостатки, оказывающие влияние на эффективность тренировок. В научных исследованиях последних лет, посвященных вопросам использования тренажеров, которые проведены инже-

нерами — специалистами в области тренажеростроения и учеными-методистами, рассматривались отдельные направления совершенствования тренажеров и методики их использования. Исследования показали, что на тренажерах предыдущего поколения плохо обеспечивалась отработка таких элементов полета, как взлет, посадка, визуальная ориентировка, атака наземных целей при маневрах сложных типов, преодоление ПВО на предельно малой высоте, атака наземных целей в сумерках и ночью, маневренный воздушный бой, визуальное обнаружение и атака нескоростных низколетящих целей. Кроме того, отсутствовала имитация применения ряда боеприпасов авиационных управляемых ракет, корректируемых авиабомб, которые получили широкое распространение в последние годы. Низкое качество и формальная имитация визуально видимых воздушных и наземных целей приводили к ограничениям возможностей тренажеров по обеспечению тренировок боевого применения в различных условиях. Анализ показал, что основной причиной указанных недостатков являлось низкое качество имитации внека-

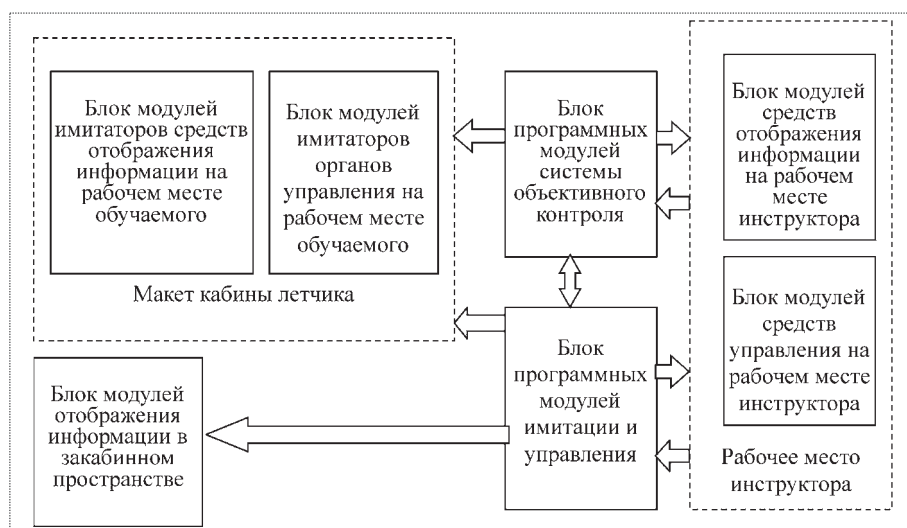


Рис. 2. Структурная схема тренажера

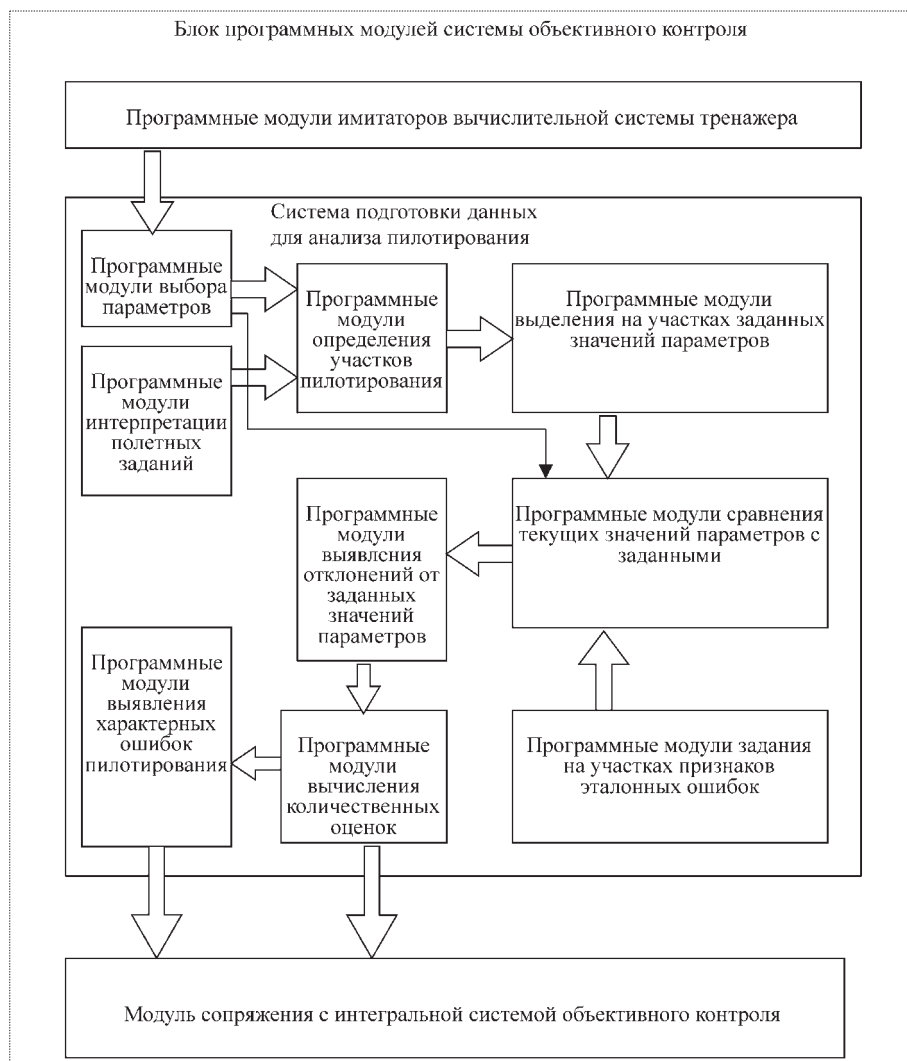


Рис. 3. Функциональная схема блока программных модулей системы объективного контроля

бинной обстановки, а именно визуальной обстановки и рельефа подстилающей поверхности земли. При создании нового тренажера решению этих задач было уделено максимальное внимание.

Передовым в технологии создания УТК-Як является также то, что один из его основных компонентов – специализированный тренажер боевого применения – создавался по технологии, которая предусматривала методическое обеспечение разработки при участии ведущих научных организаций Военно-воздушных сил (ВВА им. Ю.А. Гагарина, ВВИА им. Н.Е. Жуковского, ГНИИ ВМ МО РФ) и авиационной промышленности (ЦАГИ, ЛИИ, НИИ АО).

Специализированный тренажер боевого применения, созданный ОКБ им. А.С. Яковлева совместно с ЗАА "РАА "Спецтехника", предназначен для обучения и тренировки летного состава по всему комплексу задач, связанных с пилотированием и навигацией УБС Як-130, а также задач, связанных с боевым применением самолета, включая действия в особых случаях в полете.

Отличительные особенности разработанного тренажера заключаются в использовании:

модульного принципа построения программно-аппаратных средств, что обеспечивает универсальность конструкции, упрощает эксплуатацию, транспортировку и позволяет моделировать модифицированные самолеты;

перспективных технических средств и методических разработок, что позволяет существенно повысить эффективность обучения и тренировки летного состава;

реальной картографической и навигационно-технической информации на базе цифровых карт (геоинформационная система "Па-

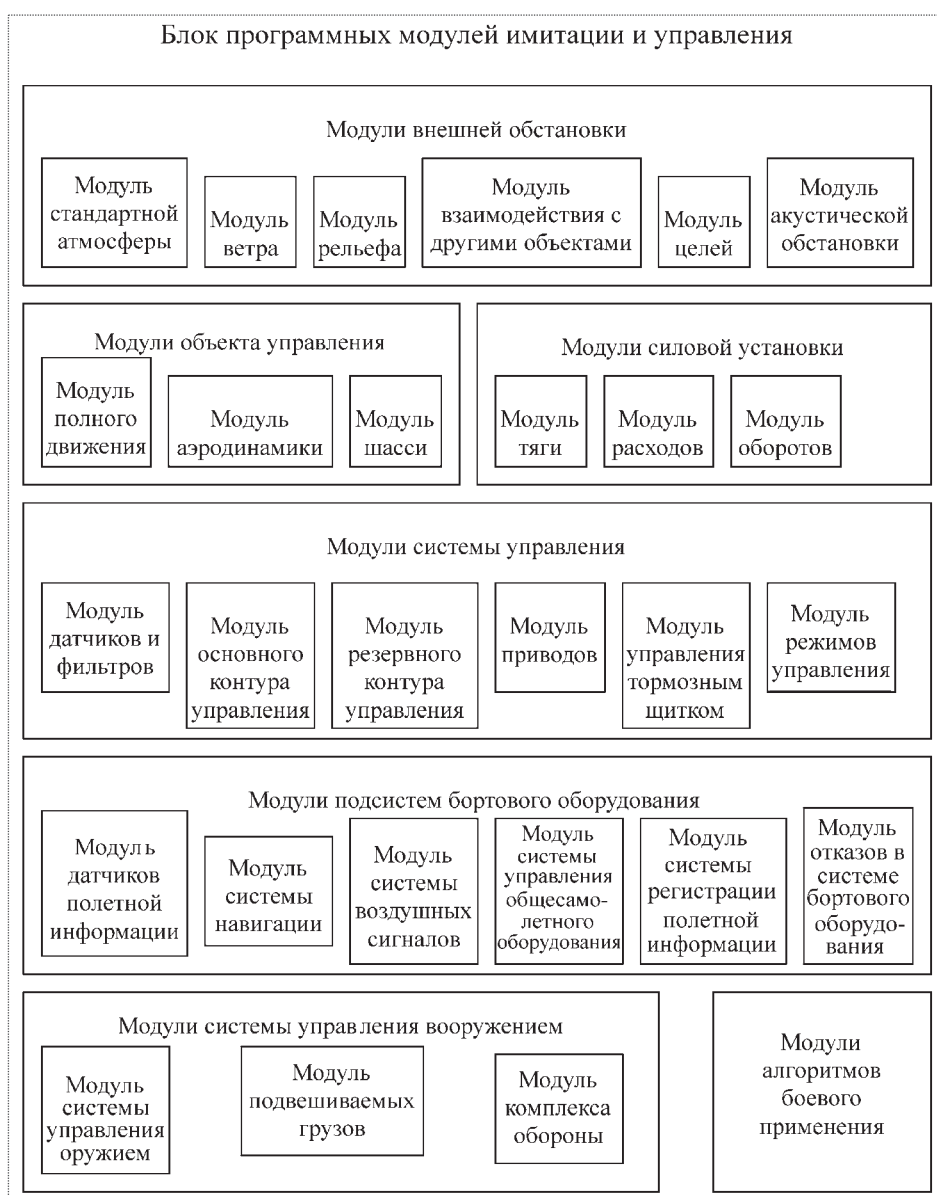


Рис. 4. Функциональная схема блока программных модулей имитации и управления

норама") для синтеза внекабинной обстановки и планирования полетных заданий, что позволяет производить предполетную подготовку и тренировки в условиях, близких к реальным на узнаваемой местности.

На рис. 2...4 представлены структурная схема разработанного тренажера и функциональные схемы блока программных модулей системы объективного контроля и блока программных модулей имитации и управления. Тренажер состоит из следующих основных модулей (частей):

модуля кабины;

системы визуализации внешней обстановки (СВВО);

вычислительно-управляющей системы (ВУС) – компьютерной сети;

рабочего места инструктора (РМИ).

Модуль кабины имеет полное геометрическое и функциональное соответствие внешнему виду, внутреннему интерьеру и информационно-управляющему полю кабины УБС Як-130.

Управление элементами модуля кабины, а также прием и обработка сигналов от органов управления и

других элементов информационно-управляющего поля кабины осуществляется в ВУС.

Система визуализации внешней обстановки представляет собой программно-аппаратный комплекс для имитации изображения внекабинного пространства в реальном масштабе времени. Внешняя обстановка, представляемая экипажу, формируется при помощи проекционной установки на светоотражающем экране, установленном перед модулем кабины. Изображение, представляемое экипажу на трех каналах визуализации, имеет угловые размеры не менее 140° по горизонтали и 60° по вертикали. СВВО обеспечивает индикацию типовых топографических объектов, таких как джунгли, пустыня, море, горы, реки, озера и т.д. (типовая географическая база данных). Эти топографические объекты могут быть запрограммированы на навигационной сетке, которая покрывает площадь радиусом не менее радиуса действия самолета. База данных СВВО включает точные топографические данные с реальных карт конкретных районов обучения.

Вычислительно-управляющая система тренажера представляет собой комплекс вычислительных, программных и преобразующих средств, с помощью которых осуществляются прием сигналов от органов управления тренажера, математическая и логическая обработка полученной информации, выполняется необходимое моделирование и производится выдача результатов на информационное поле приборной доски и пульта инструктора, в систему визуализации, а также обеспечивается связь между системами тренажера. Программно-математическое обеспечение построено по модульному принципу и представляет собой комплекс алгоритмов и программ, обеспечивающих функционирование тренажера в целом. Оно включает в себя функциональное программное обеспечение,

тестовое программное обеспечение и операционную систему.

Рабочее место инструктора представляет собой программно-аппаратный комплекс, технологически обеспечивающий подготовку и проведение всего процесса тренажа.

Благодаря системному подходу и применению новейших технологий при создании УТК его основные компоненты: учебно-боевой самолет Як-130 и специализированный тренажер боевого применения будут органично внедряться в учебный процесс военных летных училищ в соответствии с заранее отработанной методологией и концепцией летной и тренажерной подготовки.

В настоящее время завершен первый этап государственных летных испытаний УБС Як-130. Получено положительное заключение по летно-техническим характеристикам самолета. ОКБ им. А.С. Яковлева совместно с ВВС РФ приступило ко второму этапу государственных испытаний — отработке режимов боевого применения самолета. Использование на этапе подготовки к испытаниям специализированного тренажера боевого применения позволило отработать алгоритмы применения оружия по наземным и воздушным целям в условиях визуальной видимости, подготовить летный состав. Это позволит в конечном итоге сократить сроки и стоимость проведения испытаний самолета.

Литература

Учебно-тренировочный комплекс — система средств высокоэффективной низкостоимостной подготовки летного состава / О.Ф. Демченко, К.Ф. Попович, В.П. Школин и др. Труды Второй научно-технической конференции. ЦАГИ. 2003. С. 226—234.



УДК 629.7

Интеграция образования, науки и производства в подготовке высококвалифицированных кадров для аэрокосмического комплекса

И.Б. Федоров



ФЕДОРОВ
Игорь Борисович —
президент Ассоциации
технических университе-
тов, ректор МГТУ
им. Н.Э. Баумана,
академик РАН

Рассмотрены вопросы подготовки инженерных кадров для высокотехнологичных отраслей промышленности, и прежде всего аэрокосмического комплекса. Отмечены кадровые проблемы, существующие в оборонных отраслях. Предложены пути решения этих проблем, и прежде всего через интеграцию образования, науки и производства в подготовке кадров. Показана необходимость подготовки специалистов со сроком обучения не менее 5,5 лет.

I.B. Fedorov. A Merger Of Education, Science And Production To Facilitate Training Of Skilled Personnel For Aerospace Industry

The article highlights the main issues of training engineering personnel for technology-consuming sectors of the national economy, and primarily for the aerospace industry. Listing the HR problems, facing the national defense industry, it offers ways to help solve them, first of all, through the incorporation of education, science and production in a single personnel training system. Furthermore, it provides grounds to the theory that the term of instructions for such specialists should not be less than 5.5 years.

В трудные 1990-е гг. в условиях резкого снижения государственной поддержки коллективам технических вузов в основном удалось сохранить специальные профилирующие кафедры, их научно-педагогические школы, минимизировать потери. Однако до сих пор положение остается трудным. Правда, в последние годы наметился положительный сдвиг — молодежь пошла в технические вузы и конкурс на инженерные специальности возрастает.

Сегодня ведущие вузы готовы выполнять кадровый заказ практически по любым новейшим направлениям науки, технологии, техники, готовить специалистов на хорошем современном уровне. Однако существует очень много кадровых проблем, особенно в сфере оборонных отраслей промышленности, на промышленных предприятиях, в организациях и научных учреждениях аэрокосмического комплекса. Не решены и, к сожалению, в настоящее время в полной мере не решаются следующие основные проблемные вопросы в подготовке специалистов по оборонным специальностям:

- отсутствует государственный заказ на подготовку специалистов и НИОКР; в результате:
 - старее материально-техническая база;
 - снижается уровень реальной заработной платы профессорско-преподавательского состава и студенческих стипендий;
 - падает престиж инженерных профессий, особенно оборонного профиля;
 - преподаватели и студенты не могут участвовать в выполнении НИОКР, при этом нарушается основной принцип технического образования — "обучение на основе науки", остается невостребованным потенциал вузовских ученых, снижается профессиональный уровень преподавателей и качество подготовки студентов, разрушаются научно-педагогические школы вузов;

- отсутствует или зачастую противоречива нормативно-правовая база взаимодействия вузов и предприятий;

нет нормативных документов, закрепляющих молодых специалистов на предприятиях;

из-за низкой заработной платы не действуют экономические рычаги на фирмах;

стали менее эффективными производственные, технологические и эксплуатационные практики студентов, отраслевые факультеты на предприятиях, базовые кафедры и филиалы кафедр; финансирование обеспечения их деятельности резко уменьшено.

Рассмотрим некоторые из этих проблем, и в первую очередь нехватку специалистов на предприятиях и в научных организациях высокотехнологического комплекса, отсутствие молодежи. Предлагаются различные варианты решения проблемы, вплоть до возобновления обязательного распределения выпускников. Однако действенного, эффективного способа привлечения молодых специалистов на предприятия пока нет.

В последнее время наметился следующий путь решения проблемы: совместная работа крупных, интегрированных производственных структур с высшей школой — создание в системе высшей школы корпоративных университетов, предназначенных для подготовки кадров для этих структур. Такое сотрудничество дает уникальную возможность сочетать обучение на основе фундаментальных знаний с практическим опытом производственной работы. Примером такого взаимодействия может служить сотрудничество МГТУ им. Н.Э. Баумана с рядом крупных оборонных фирм: "Алмаз-Антей", РКК "Энергия", НПО "Машиностроение". При этом фирма оплачивает университету как часть кадрового оборонного заказа, так и заказ на НИОКР, поддерживая тем самым научную работу в университете.

Другая сложная проблема, которая постоянно обсуждается образовательным сообществом, касается уровней подготовки выпускников вузов.

Реализация положений Болонской декларации предопределяет введение двухуровневой подготовки: бакалавр и магистр. В.В. Путин неоднократно подчеркивал необходимость сохранения преимуществ отечественной высшей школы. "Русский метод" был и должен остаться одной из основополагающей форм подготовки инженерных кадров.

Инженерные вузы уже в течение примерно 15 лет выпускают специалистов (инженеров), магистров и бакалавров. Тем не менее острые дискуссии по уровням подготовки продолжаются: предлагается упразд-

нить уровень дипломированного специалиста (инженера) и оставить только уровни бакалавр и магистр. Причем планируется, что эти уровни должны быть самостоятельными, т.е. студент после получения диплома бакалавра должен вновь поступать в вуз для обучения на степень магистра.

По мнению руководителей ведущих предприятий и организаций высокотехнологического комплекса, уровень подготовки специалистов (т.е. инженеров), особенно для оборонно-промышленного (ОПК) и аэрокосмического комплексов, сферы высоких технологий, транспорта, должен быть сохранен. В настоящее время в соответствии с востребованностью в промышленности основным является выпуск специалистов-инженеров.

Инженерные вузы, Ассоциация технических университетов продолжают отстаивать сохранение подготовки дипломированных специалистов-инженеров, готовящихся в течение не менее 5,5 лет по неразрывной программе (так называемой монопрограмме) по специальностям разработчиков и конструкторов новой техники и высоких технологий. В результате дискуссий было принято решение о продолжении подготовки дипломированных специалистов по специальностям, связанным с высокими технологиями и наукоемкими производствами. Причем предполагается, что перечень этих специальностей будет утверждаться отдельным решением Правительства Российской Федерации в соответствии с запросами работодателей или каждый ведущий вуз, готовящий кадры для оборонных отраслей промышленности, будет самостоятельно в соответствии с запросами работодателей определять уровень подготовки своих выпускников (инженеров, магистров, бакалавров).

Вузам, готовящим кадры для аэрокосмического комплекса, сферы высоких технологий, чрезвычайно важно знать о требуемых работодателями, и прежде всего предприятиям ОПК, специальностях и структуре подготовки, т.е. кадровый заказ высшей технической школе должен содержать обоснованные сведения о числе выпускников каждого уровня, направлениях подготовки и специальностях. При этом следует учитывать демографические проблемы, фактор демографического кризиса, следствием которого явилось прогнозируемое снижение числа выпускников общеобразовательной школы и уже проявляющиеся в связи с этим трудности комплектования в сложившихся пропорциях контингентов учреждений профессионального образования.

С этими вопросами тесно связан и вопрос о разработке государственных профессиональных стандартов (квалификационных характеристик). Требования к содержанию образовательного процесса изложены в государственных образовательных стан-

дартах (ГОС). Государственные профессиональные стандарты должны содержать требования к перечню знаний и компетенций, которыми должны обладать выпускники вузов и на которые будут ориентированы высшие учебные заведения. Хотелось бы, чтобы наши работодатели (предприятия и научные организации, министерства и ведомства) ускорили работу над профессиональными стандартами, ибо это поможет вузам и сориентироваться в названных выше уровнях образования, в которых нуждаются предприятия, и скорректировать в случае необходимости государственные образовательные стандарты. В работе над профессиональными стандартами готовы участвовать и вузы, и, естественно, Ассоциация технических университетов.

Еще один вопрос. Конечно, непростые проблемы подготовки кадров для ОПК, аэрокосмического комплекса требуют всестороннего обсуждения на различных конференциях, семинарах, методической проработки, проведения экспериментов. Накоплен большой опыт организации и научно-методического сопровождения интегрированной целевой подготовки специалистов, деятельности учебно-научно-производственных комплексов и других форм совместной работы вузов с промышленными предприятиями, организациями и научными учреждениями. Основные направления сотрудничества высших учебных заведений с промышленностью в совместной подготовке инженерных кадров представлены на рис. 1.

Весьма плодотворным стало участие 50 ведущих промышленных предприятий, организаций, научных учреждений и высших учебных заведений в выполнении комплексного проекта "Организация и научно-методическое сопровождение подготовки кадров для промышленных предприятий, организаций и научных учреждений, реализующих технологические направления федеральной целевой программы "Национальная технологическая база" в рамках мероприятий раздела 18 "Технологии подготовки кадров для национальной технологической базы" федеральной целевой программы (рис. 2). Главным результатом проекта стала апробация разработанных научных основ государственной системы кадрового обеспече-



Рис. 1

ния национальной технологической базы (НТБ), а также принципов формирования и реализации государственного плана подготовки инженерных и научных кадров для организаций оборонных отраслей промышленности на 2002–2005 г., утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации № 891 от 25 декабря 2001 г.

Очевидно, что каждая научная или производственная федеральная целевая программа должна иметь в своем составе кадровый раздел, включающий в себя мероприятия по организации и научно-методическому сопровождению подготовки кадров для промышленных предприятий и научных учреждений.

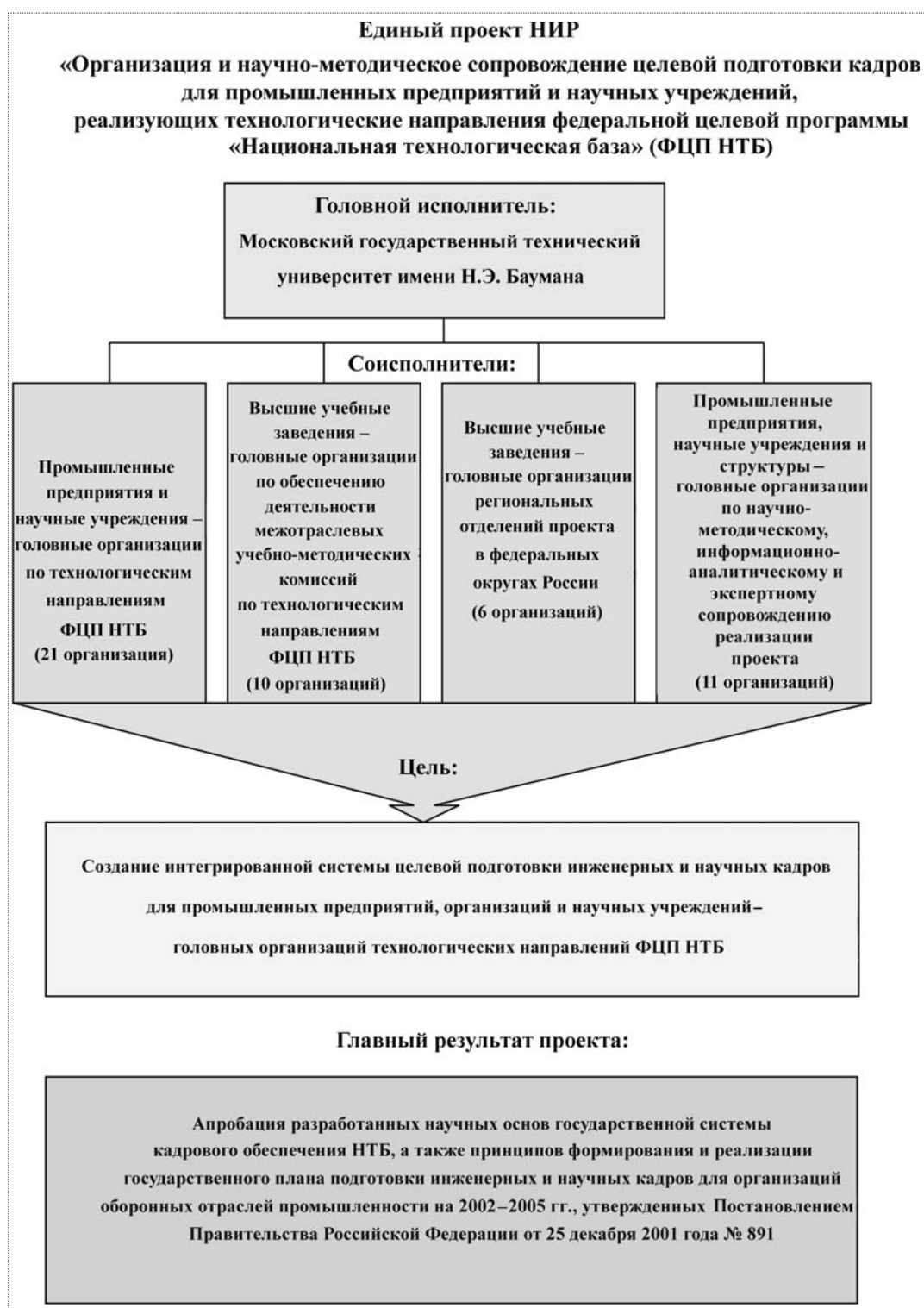


Рис. 2

В настоящее время особенно важно предусматривать дополнительное стимулирование, целевое и адресное финансирование (государственное и внебюджетное) научных, научно-технических и научно-педагогических школ, обеспечивающих преемственность знаний, поколений в системе вузов и научных

Целевое финансирование научных, научно-технических и научно-педагогических школ, обеспечивающих преемственность знаний, поколений в системе вузов и научных

организаций высокотехнологического комплекса. Вложение средств в прикладные исследования, разработки, проводимые по приоритетным направлениям науки, технологии и техники, обеспечивает не только конкретный научный результат, но и решение проблем повышения качества подготовки специалистов (научных сотрудников, инженерно-технических работников).

Разнообразие и сложность проблем подготовки кадров для высокотехнологичных отраслей промышленности, и прежде всего для ОПК, их межведомственный характер дают основание считать целесообразным создание Совета по кадровому обеспечению оборонно-промышленного комплекса (имея в виду все ступени профессионального образования: начальное, среднее, высшее и дополнительное, включая вопросы военного образования в гражданских вузах). В состав совета вошли бы представители промышленных предприятий, организаций и научных учреждений, учреждений образования, а также соответствующих министерств и ведомств. Практика деятельности подобного совета в рамках федеральной целевой программы "Национальная технологическая база" на 2002–2006 гг. подтверждает правомерность такого предложения. В настоящее время такой совет может быть создан при Военно-промышленной комиссии.

Система профессионального образования Российской Федерации призвана осуществлять восполнение и развитие кадрового потенциала отечественного оборонно-промышленного комплекса. Эффективность ее функционирования должна стать залогом успешной реализации Постановления Правительства Российской Федерации № 854 от 30 декабря 2006 г. "О государственном плане подготовки научных работников, специалистов и рабочих кадров для организаций оборонно-промышленного комплекса на 2007–2010 гг.

Вопросам кадровой политики в оборонно-промышленном комплексе, подготовки и переподготовки науч-

ных, инженерно-технических и рабочих кадров для оборонных предприятий и организаций было посвящено заседание Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации, состоявшееся 2 ноября 2006 г. Эти и другие проблемы развития профессионального образования обсуждались на заседаниях секций международной конференции "Кадровые аспекты развития российского высокотехнологического комплекса" и "Интеграция образования, науки и производства" в рамках VIII Международного форума "Высокие технологии XXI века" и на расширенном заседании Совета Ассоциации технических университетов, состоявшихся в конце апреля этого года. В обсуждении проблемных вопросов приняли участие руководители промышленных предприятий, представители министерств и ведомств, академических и общественных структур.

Следует отметить, что положения стратегии развития инженерного образования не раз обсуждались научно-технической и образовательной общественностью, и многие из этих положений претворены или претворяются в повседневной деятельности вузов. Да иначе и не может быть. Отвергая все наносное, конъюнктурное, непродуманное, высшая школа живет, подчиняясь объективным законам, требованиям жизни. Как тут не вспомнить мнение Ученого совета Императорского московского технического училища (ИМТУ), выраженное в ответе на запрос министра народного просвещения России П.С. Ванновского по поводу улучшения высшего технического образования России: "Состояние постоянного приспособления, постоянной эволюции есть естественное состояние жизнеспособной технической школы, чутко относящейся к запросам жизни... Строй высшей технической школы не может вылиться в совершенно определенные и строго разграниченные рамки административного произвола". Под этим документом, составленным в 1901 г., подписались все профессора ИМТУ.





МОРОЗЕНКО
Александр Федорович —
глава г. Королёв,
кандидат экон. наук

Инновация – основа прогресса

А.Ф. Морозенко

Центр ракетно-космической промышленности г. Королёв получил статус наукограда в 2001 г. Это позволило городу начать выход из экономического кризиса 1990-х гг., в наибольшей степени затронувшего научно-промышленный комплекс нашей страны и особенно остро сказавшегося на городах, подобных Королёву. Наукоградские программы послужили мощным импульсом для более эффективного развития города. Но не все так гладко, как кажется. Об этом и пойдет речь в статье.

A.F. Morozenko. Innovations: Pillars Of Progress

The center of rocket and space industry in Russia, the city of Korolev, got its status of a scientific city in 2001, which helped it immensely to overcome the crisis, it suffered from in the 1990s, when most of scientific and industrial enterprises of the country were close to being flat broke, and especially hard was this time for the cities like Korolev. The new ideas gave is a powerful impetus for effective economic development. However, not everything goes as smooth as it may seem, which is the main topic raised in the article.

В 2006 г. мы завершили реализацию первой с момента присвоения городу статуса наукограда пятилетней "Программы (основных направлений) развития города Королёв как наукограда Российской Федерации на 2002–2006 годы", утвержденной Указом Президента Российской Федерации № 987 от 16.09.2002. Система мероприятий, разработанная для достижения поставленной цели, включала следующие направления:

- реформирование научно-производственного комплекса наукограда;
- формирование инфраструктуры инновационной деятельности;
- развитие производственной сферы наукограда;
- развитие социальной сферы наукограда;
- создание единой информационной среды наукограда;
- подготовку кадров.

Решая вопросы, связанные с развитием и реформированием научно-промышленного комплекса (НПК) г. Королёв, основные усилия администрация города в этот период направляла на отбор и реализацию проектов в сферах ракетно-космических технологий, композиционных материалов, экологически чистых транспортных средств, энергогенерирующих установок на основе возобновляемых источников, производства современной экологичной упаковки. В рамках программы реализовано шесть инновационных научно-технических проектов:

1. Изготовлен экспериментальный образец энергетической установки на основе водородных топливных элементов. В дальнейшем такие установки будут использоваться в качестве резервного (аварийного) источника для обеспечения электроэнергией различных объектов социального назначения.

2. Разработан и передан в Королёвский институт управления, экономики и социологии (КИУЭС) мобильный комплекс трехмерной стереоскопической визуализации. Он позволяет на качественно новом уровне осуществлять учебный процесс с отображением объектов и процессов в трехмерной стереосреде.

3. Подготовлено к запуску производство грузовых транспортных тележек на электрической тяге на базе "мотор-колеса" и батарей конденсаторов с двойным электри-



Проспект космонавтов — новый район Королёва

ческим слоем. Организовано малосерийное производство индивидуальных транспортных средств нового вида — трицикла.

4. Создан на заводе экспериментального машиностроения РКК "Энергия" участок по выпуску унифицированных кресел-колясок повышенной комфортности для инвалидов пожилого возраста, детей-инвалидов, а также спортивно-активных инвалидов кресел-колясок с широким диапазоном регулировок.

5. Изготовлена модельная установка газофазного термоградиентного насыщения для производства углерод-углеродных и углепластиковых композиционных материалов, применяемых в ракетостроении, химическом и нефтехимическом машиностроении.

6. Создано производство по изготовлению тонких многослойных пленок. Предприятие принято в эксплуатацию и приступило к серийному выпуску новой, не имеющей аналогов в России, широко востребованной на рынке высокотехнологичной продукции.

Прорабатываются вопросы технической возможности создания комплексов муниципальной энергетики на базе достижений предприятий НПК города (энергогенерирующих установок, в том числе с использованием нетрадиционных источников энергии — ветроэнергоустановок; энергонакопительных систем — тепловых конденсаторов, позволяющих сглаживать пиковые нагрузки в электросети).

Реализация инновационной модели развития г. Королёв предусматривала также формирование базовых элементов инфраструктуры инновационной деятельности. Здесь основными ориентирами стали направления и этапность реализации в Московской области пилотного проекта по практической отработке элементов

национальной инновационной системы и механизмов взаимодействия в инновационном процессе органов государственной власти и местного самоуправления. В рамках этих работ на базе Королёвского института был создан региональный образовательный центр для северо-восточного региона Подмосковья по подготовке высококвалифицированных специалистов муниципальной и государственной службы, а также специалистов наиболее востребованных специальностей экономико-социальной направленности.

Однако произошедшие в последние три года изменения в российском законодательстве, ряд принятых на федеральном уровне нормативных правовых актов существенно затруднили реализацию мероприятий по развитию Королёва как наукограда. Так, законодательные новации с 2006 г. вывели из сферы компетенции муниципальных образований вопросы организации высшего профессионального образования, в результате чего КИУЭС перешел в ведение Московской области и получил статус Московского областного государственного высшего учебного заведения. Администрация города была вынуждена остановить работы по оснащению института современной техникой и оборудованием, его расширение и реконструкцию по уже выполненному в рамках программы наукограда проекту.

Но самое главное, изменения в законодательстве лишили наукограды возможности напрямую (через программы развития наукоградов) финансировать инновационные научно-технические проекты, в том числе и начатые ранее.

Постановлениями Правительства Российской Федерации № 682 от 25.11.2004 г. "Об утверждении

порядка предоставления субвенций из федерального бюджета для финансирования дополнительных расходов наукоградов Российской Федерации" и № 917 от 22.12.2007 г. "Об утверждении правил предоставления субсидий из федерального бюджета для осуществления мероприятий по развитию и поддержке социальной, инженерной и инновационной инфраструктуры наукоградов Российской Федерации" определен новый порядок господдержки наукоградов. Теперь за счет федерального бюджета финансируются только мероприятия по развитию и поддержке социальной, инженерной и инновационной инфраструктуры. А в соответствии с п. 53 ст. 26.3 Федерального закона № 184-ФЗ от 6.10.1999 г. "Об общих принципах организации законодательных и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации" (п. 53 введен Федеральным законом № 199-ФЗ от 29.12.2004 г., а также содержится в редакции Федерального закона № 199-ФЗ от 31.12.2005 г.) вопросы организации и осуществления региональных научно-технических и инновационных программ и проектов отнесены к компетенции органов государственной власти субъектов РФ. То есть, на практике оказывается, что наукоградские программы социально ориентированы. Проще говоря, на эти средства можно менять инженерные коммуникации, благоустраивать дворы и ремонтировать дороги, что в принципе неплохо, но мы ждали другого.

В рамках программы наукограда предполагалось реализовывать прежде всего серьезные инновационные научно-технические проекты, такие как разработка и создание опытных образцов возобновляемых источников электроэнергии на основе водородно-воздушных топливных элементов и ветрогенераторов в интересах развития муниципальной энергетики; создание композиционных материалов нового поколения; создание экологически чистых транспортных средств на электрической тяге и т.п., важные не только для г. Королёв, но и для всего Подмосковья и ориентированные на создание

в городе по итогам их исполнения новых высокотехнологичных производств. Приостановка реализации указанных проектов, в свою очередь, привела к задержке в формировании обеспечивающей инновационной инфраструктуры города.

"Областная целевая программа научно-технического и инновационного развития Московской области", в рамках которой предполагается финансирование инновационных проектов, отобранных к реализации, в том числе и в наукоградах области, находится в стадии доработки и согласования уже третий год. В течение этого времени финансирование инновационных проектов (включая начатые в 2004–2005 гг.) не ведется, работы по ним приостановлены либо свернуты. Среднегодовой объем недофинансирования программы только за 2006–2007 гг. составил 90 млн рублей.

Решению указанных проблем администрация города уделяет большое внимание. Сейчас мы совместно с Союзом развития наукоградов России работаем над несколькими задачами. Во-первых, необходимо внести изменения в Федеральный закон № 131-ФЗ от 06.10.2003 г. "Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации": расширить перечень вопросов местного значения, которые должны находиться в компетенции городских округов, имеющих статус наукоградов, либо принять специальный Федеральный закон "Об особенностях осуществления местного самоуправления в наукограде Российской Федерации". Во-вторых, важно доработать, согласовать и вынести на рассмотрение в Мособлдуму закон "О наукоградах Московской области". Не менее значимыми остаются согласование и утверждение в Правительстве Московской области "Областной целевой программы научно-технического и инновационного развития Московской области на 2008–2012 гг.". Программа позволит возобновить финансирование инновационных проектов за счет субсидий из областного бюджета на реализацию мероприятий программ развития муниципальных образований области, имеющих статус наукоградов РФ.



УДК 629.7

Аэрокосмическое образование: проблемы и решения

А.Н. Геращенко



ГЕРАЩЕНКО
Анатолий Николаевич —
ректор Московского
авиационного института
(государственного техниче-
ского университета),
профессор,
доктор техн. наук

Рассмотрены вопросы образования в вузах аэрокосмического профиля, такие как сохранение научно-педагогической школы, введение двухступенчатой системы образования, вопросы финансирования, трудоустройства выпускников, омоложения кадров и др.

Показана роль Учебно-методического объединения высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области авиации, ракетостроения и космоса в решении существующих проблем.

A.N. Gerashchenko. Aerospace Education: Problems And Solutions

The article reviews the topical issues of education and training at aerospace industry's higher education establishments, as well as measures to ensure the retention of the scientific and pedagogical staff, the introduction of two-level educational system, financing, employment of graduates, cadre renewal and so on. Furthermore, it praises the role played by the Educational and Methodical Union of higher education institutions of the Russian Federation in the sphere of aircraft, rocket and space industry in resolution of existing problems.

Аэрокосмический комплекс является одной из наиболее наукоемких отраслей промышленности, и обучение студентов для этой отрасли имеет свои существенные особенности. Подготовка юриста или экономиста не требует особого оборудования. Для подготовки инженера аэрокосмической отрасли необходимы дорогостоящие лабораторные установки, уникальное оборудование, а также постоянные практики на предприятиях.

Хорошо известно, что с реформами в авиационной отрасли в начале 1990-х гг. связаны длительное недофинансирование, сокращение производства авиационной техники и, следовательно, сокращение доли российского авиапрома на мировом рынке (в первую очередь пассажирских самолетов). Всем также хорошо известно о старении кадров в авиационной промышленности. Эти кризисные явления затронули и систему высшего авиационного образования.

За последнее время в мировом авиапроме произошли значительные изменения: в отрасли развивается технологическая революция, изменилась структура мирового рынка, на котором появились новые игроки. При этом рынок дальнемагистральных самолетов практически полностью контролируется компаниями *Boeing* и *Airbus*. Они располагают производством комплектующих в разных странах, в том числе и в России. В России действуют также проектные центры этих крупнейших авиапроизводителей (при этом отечественный авиапром играет вспомогательную роль).

Серьезные изменения происходят в ракетостроении и космонавтике: появились новые государства с собственными космическими программами, на рынок космических услуг активно выходят частные компании.

Своевременно изменилась политика нашего государства по отношению к аэрокосмическому комплексу. На основании указов Президента Российской Федерации, постановлений правительства произошла консолидация отечественной авиационной промышленности. Сформирована Объединенная авиастроительная корпорация (ОАК), созданы аналогичные корпорации в области вертолетостроения, двигателе-

строения и авионики. В этих условиях необходимы и новые подходы к аэрокосмическому образованию.

Координирующим центром аэрокосмического образования является Учебно-методическое объединение высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области авиации, ракетостроения и космоса, созданное при Московском авиационном институте (УМО АРК). В УМО АРК входят девять профильных вузов: МАИ, Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ", Казанский государственный технический университет (КАИ), "МАТИ" — Российский государственный технологический университет, Рыбинская государственная авиационная технологическая академия, Санкт-Петербургский государственный университет авиационного приборостроения, Самарский государственный аэрокосмический университет, Сибирский государственный аэрокосмический университет, Уфимский государственный авиационный технический университет. Кроме того, УМО АРК объединяет 22 непрофильных вуза.

В рамках УМО АРК активно обсуждаются возникающие проблемы и формулируются пути их решения. В декабре 2007 г. и январе 2008 г. УМО АРК провело в Москве и Казани два заседания. В них приняли участие представители более двадцати вузов, в которых ведется подготовка инженеров аэрокосмического профиля, и более тридцати ведущих промышленных и научных предприятий и организаций отрасли. Был принят итоговый документ, реализация положений которого будет способствовать решению назревших проблем.

До сих пор остается нерешенной проблема повышения зарплаты профессорско-преподавательскому составу. Эта тема, наверное, всем надоела, но тем не менее ситуация практически не меняется. Сейчас наиболее высокая зарплата у работников финансовой сферы, в добывающих отраслях, затем следует наукоемкая промышленность и только потом — высшее профессиональное образование. Сегодня выпускник МАИ, идущий на работу в КБ, сразу получает 12...20 тыс. руб., что равняется или даже больше, чем зарплата профессора. А выпускник, оставшийся работать ассистентом в вузе, зарабатывает всего лишь 3 600 руб.

Необходимо срочно изменить положение, иначе в результате старения кадров мы рискуем утратить существующие научно-педагогические школы. По нашим подсчетам, необходимо увеличить зарплату профессорско-преподавательскому составу не на проценты, а в разы (не менее чем в 4 раза). Профессор должен получать 40...45 тыс. руб., доцент — 30...35 тыс. руб., а ассистент — 15...18. Иначе в вузах скоро некому будет работать.

Многие говорят о том, что ведущие преподаватели могут зарабатывать и больше. Но за счет чего? Читая лекции в 3–4 вузах и получая различные гранты на научные разработки. По нашему мнению, все это идет в ущерб основной преподавательской работе, в том числе и в методическом смысле — нет времени на написание учебников, подготовку новых курсов и т.д.

Преподаватель, конечно, обязан заниматься наукой, но наука и преподавание — это все-таки разные виды деятельности. Полная загруженность научной работой опять-таки не оставляет времени для качественного обеспечения и организации учебного процесса. Преподаватель вуза должен получать достойную зарплату за свою *основную* работу.

Кроме того, мы предлагаем разработать специальную программу ипотеки для молодых преподавателей и организовать выделение для них семейных общежитий. В МАИ уже выделяются соответствующие площади и средства на ремонт, но своими силами невозможно удовлетворить все потребности.

Хотелось бы установить специальные нормы финансирования для вузов, осуществляющих подготовку по оборонным специальностям исходя из соотношения преподаватель — студент 1:6. Необходимость такой меры связана с тем, что подготовка по данным специальностям предусматривает большой объем практик, лабораторных занятий на сложном оборудовании и индивидуальной подготовки студентов. В связи с этим у преподавателей возникает повышенная нагрузка.

Еще одна проблема — использование наших выпускников после окончания обучения. Сегодня выпускники аэрокосмических вузов работают на предприятиях самого различного профиля — в банках, торговых предприятиях и т.д. Трудятся они и в иностранных фирмах.

Между тем МАИ и другие аэрокосмические вузы финансируются из бюджета, и только небольшой процент студентов по авиационным специальностям обучаются за собственный счет.

Образование сегодня имеет рыночную стоимость, и государство имеет право требовать той или иной компенсации вложенных средств. Поэтому мы предлагаем перевести обучение студентов за счет бюджета на контрактную основу. Здесь нужна тщательная юридическая проработка и типового контракта должен учитывать как права выпускника, так и государства.

Кроме того, наверное, следует дать возможность выбора из нескольких предприятий, а сами предприятия также должны брать на себя определенные обязательства по отношению к молодому специалисту. Я думаю, что при заключении контракта следует

предусмотреть и возможность работы по контракту в государственных вузах. Но основной принцип такой — если студент может оплатить обучение, то он сможет сам выбрать место будущей работы. Государственное финансирование должно подразумевать выполнение определенных обязательств.

Как уже подчеркивалось, аэрокосмическое образование требует использования сложного, дорогостоящего оборудования. Традиционно эта проблема решалась с помощью создания филиалов кафедр в научных и промышленных предприятиях и организациях. Однако по действующему законодательству эти структуры оказались нелегитимными. Поправки "О высшем и послевузовском профессиональном образовании", недавно внесенные Государственной Думой, разрешают создавать кафедры *на базе научных организаций*, но кроме них партнерами аэрокосмических вузов являются конструкторские бюро и серийные предприятия. Получается, что наши кафедры и филиалы в них являются незаконными, хотя предприятия готовы финансировать подготовку специалистов на своей базе. Необходимо разработать типовое положение о базовых кафедрах, которое поможет развитию вузов аэрокосмического профиля.

Предприятия обладают оборудованием, которое во многих случаях не под силу приобрести вузам или оно является уникальным. Проведение занятий на таком оборудовании повысит качество подготовки. Кроме того, подготовка студентов непосредственно на предприятиях позволит провести адаптацию молодых специалистов к конкретной организации еще в процессе учебы. Такой подход к подготовке специалистов выгоден экономически, так как используется уже существующее оборудование и не требуются дополнительные затраты.

Было бы очень полезно установить налоговые льготы для предприятий и бизнесменов, оплачивающих подготовку специалистов и оказывающих финансовую и материальную помощь вузам. Это улучшило бы финансирование вузов, позволило предприятиям оказывать воздействие на процесс подготовки, повысило заинтересованность предприятий в помощи вузам. Увеличение финансирования произойдет в этом случае за счет внебюджетных средств.

Предлагаем также предусмотреть выделение специальных средств на кадровое обеспечение в рамках крупных научно-технических проектов.

Еще один важный вопрос — переход на двухуровневую систему. Естественно, что переход на обучение по схеме бакалавр—магистр — свершившийся факт. В МАИ ведется подготовка по 53 специальностям и большая часть из них переводится на двухуровневую

систему. Однако для большинства специальностей, относящихся к аэрокосмическому образованию, планируется сохранить моноуровневую систему со сроком обучения пять и более лет.

Безусловно, это правильно. По мнению ведущих специалистов аэрокосмической промышленности и вузов, невозможно осуществить качественную подготовку инженеров в рамках бакалавриата (4 года). Это связано с целым рядом обстоятельств.

Сильной стороной существующей системы подготовки инженеров по оборонным специальностям является связь с промышленностью посредством практик и участия специалистов с предприятий в работе технических университетов. Система бакалавр—магистр эту связь разорвет. При обучении бакалавров упор делается на общую подготовку, в том числе и по инженерным дисциплинам. Практики предусмотрены для обучения бакалавров, но при отсутствии специализации большой пользы от них не будет. Естественно также, что участие специалистов из промышленности в учебном процессе будет резко ограничено из-за сокращения объема профилирующих дисциплин.

В высокотехнологичных отраслях, к которым относится аэрокосмическая отрасль, существует значительная специфика в подготовке инженеров-проектировщиков, инженеров-конструкторов, инженеров-технологов и инженеров-эксплуатационщиков. При существующей системе подготовки эта специфика учитывается. При подготовке бакалавров планируется давать некий усредненный объем знаний, одинаковый для всех типов инженеров, а количество учебных часов, выделяемых на специальную подготовку, сокращается вдвое. В результате получится усредненный инженер, не готовый полностью выполнять функции проектировщика, конструктора, технолога или эксплуатационщика.

В США, как известно, существует система бакалавр—магистр. Однако там производится доучивание бакалавров до полноценных инженеров непосредственно на фирме. К сожалению, наши компании, действующие в сфере высоких технологий, к этому не готовы. Ведь речь идет не просто о работе под руководством опытного инженера, а о создании полноценных учебных центров, соответствующем оборудовании, помещениях, подготовке или приглашении преподавателей и т.д. Всего этого нет на фирмах, но есть в технических университетах. Какой смысл ломать существующую систему, с тем чтобы с огромными затратами строить новую, менее эффективную?

Кроме того, следует подчеркнуть следующее. Странники двухступенчатой системы говорят о мобильности выпускников, подготовленных по новой систе-

ме. Повышенная мобильность связывается с более общей подготовкой. Однако доучивание на фирме привязывает инженера к конкретной компании, и наоборот, снижает мобильность.

Моноуровневая система подготовки позволяет эффективно реализовать принцип системности в подготовке специалиста. Единый учебный план связывает различные учебные дисциплины, наличие практик, курсовых и дипломных проектов дает возможность сохранить практическую направленность обучения. При переходе от подготовки бакалавра к подготовке магистра эта системность нарушается. Подготовка магистров подразумевает узкую специализацию, поэтому "стыковка" знаний учащегося и требований магистерского учебного плана совсем не очевидна. Разрушится и существующее выверенное сочетание фундаментальной подготовки и специальной профилирующей подготовки.

В соответствии с законом список моноуровневых специальностей должен быть утвержден Правительством Российской Федерации (пока этого не произошло). УМО АРК отстаивает сохранение моноуровневой подготовки для специальностей, входящих в направления "Авиационное", "Двигатели летательных аппаратов", "Системы управления движением и навигация", "Ракетостроение и космонавтика", "Интегрированные системы летательных аппаратов", "Гидродинамика и динамика полета".

В связи с подготовкой новых образовательных стандартов проявила себя еще одна проблема — соотношение профессиональных и образовательных стандартов. Образовательные стандарты должны опираться на профессиональные стандарты (компетентностные требования работодателей), которые должны быть разработаны для отраслей промышленности.

ОАК разрабатывает и принимает новые профессиональные стандарты, причем в этом процессе принимают участие специалисты авиационных вузов. Но пока не ведется соответствующая работа в ракетостроении, космонавтике, в сфере разработки и производства аэрокосмического оборудования.

Принятие профессиональных стандартов позволит решить проблему соответствия структуры выпускаемых кадров потребностям промышленности. Как известно, по ряду специальностей и направлений подготовки существует избыток специалистов. Желательно формировать заказ со стороны государства и работодателей по конкретным видам и типам подготовки (конструкторы, технологи, эксплуатационщики и т.д.). Научную основу для этого заказа как раз составят профессиональные и образовательные стандарты.

Существует реальная возможность того, что многие образовательные стандарты будут приняты раньше соответствующих профессиональных стандартов. Все это приведет к тому, что принятые стандарты придется переделывать. Необходимо синхронизировать этот процесс.

Есть предложение создать при МАИ Аэрокосмический инновационный учебно-научный центр. Обучение проектированию, разработке и производству аэрокосмической техники требует использования сложного, дорогостоящего оборудования, новых методик и работы высококвалифицированных специалистов. Отдельные элементы, необходимые для этого, находятся в распоряжении отдельных вузов. Поэтому необходимы как постоянно действующие (Центр), так и сформированные на определенный срок структуры, которые смогли бы объединить усилия вузов, предприятий и отраслевой науки.

Конечно, аэрокосмическая промышленность и аэрокосмическое образование преодолеют существующие проблемы и выйдут на новый уровень развития. Но необходимо понимать, что подготовка высококлассного специалиста требует организации учебного процесса в едином образовательно научно-производственном пространстве. Это, в свою очередь, предусматривает выделение значительных средств, использования самого современного оборудования и привлечения эрудированных высокооплачиваемых преподавательских кадров.

УДК 629.7

1-я конференция МАА–РАКЦ "Космос для человечества"

В.А. Меньшиков

Представлен аналитический обзор материалов конференции "Космос для человечества". Показана роль академий МАА и РАКЦ в решении перспективных задач по дальнейшему освоению космического пространства.

V.A. Menshikov. 1st "Space For Humanity" Conference Of International Astronautics Academy And Russian Tsyolkovsky Cosmonautics Academy

The article is an analytical review of the materials of the 1st Space for Humanity conference, organized by the International Astronautics Academy in cooperation with the Russian Tsyolkovsky Cosmonautics Academy. It also praises the role of the two academies in future space exploration.

С 21 по 23 мая 2008 г. в Королёве состоялась 1-я конференция МАА–РАКЦ "Космос для человечества". Учредителями и организаторами конференции являются Международная академия астронавтики (МАА) и Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского (РАКЦ).

Международная академия астронавтики была образована в Стокгольме 16 августа 1960 г. Основными задачами Академии являются расширение развития астронавтики в мирных целях, поддержка ученых, работающих в областях науки и техники, осуществление программ международного сотрудничества в области аэрокосмических исследований.

В целях развития международного сотрудничества и обмена научным опытом Академия проводит симпозиумы и конференции по шести основным направлениям: физика космоса, системы жизнеобеспечения в космосе, космические технологии, использование и работа космических аппаратов, политические и экономические вопросы в развитии космических исследований, роль космических исследований в развитии культуры и образования.

В настоящее время особое внимание уделяется налаживанию совместных исследований в таких направлениях, как исследования Солнечной системы и за ее пределами, астероидная опасность, малые космические аппараты, поиск внеземных цивилизаций, перспективные исследования дальнего космоса, использование космоса в мирных целях, управление космическими транспортными системами, управление знаниями в космической деятельности, экономически выгодные системы дистанционного зондирования Земли.

Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского, образованная в Москве 28 марта 1991 г., — самая крупная научно-общественная организация по космонавтике в России.



МЕНШИКОВ
Валерий Александрович —
заместитель генерального
директора ФГУП ГКНПЦ
имени М.В. Хруничева,
директор НИИ КС
имени А.А. Максимова,
вице-президент Российской
академии космонавтики
имени К.Э. Циолковского,
профессор,
доктор техн. наук



Логотип 1-й конференции МАА–РАКЦ
"Космос для человечества"

Основными направлениями деятельности РАКЦ являются:

научная, прикладная и образовательная деятельность в нашей стране и за рубежом, участие в разработке национальных и международных космических программ, в том числе экологических, информационных, гуманитарно-образовательных, медико-биологических и др.;

тесное взаимодействие с органами государственной власти в области космической деятельности;

проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок космических средств, участие в создании новых технологий;

выполнение гуманитарно-философских и исторических исследований, распространение научных знаний по основам космонавтики, астрономии, ракетостроения и авиации;

проведение международных и национальных конференций, симпозиумов, научных чтений, выставок, конкурсов среди различных групп ученых и молодежи, издание книг и журналов РАКЦ;

организация и поддержка деятельности ветеранов космонавтики.

Участие в конференции приняли представители 120 организаций из России (страна-организатор), Республики Беларусь, Германии, Израиля, Индии, Италии, Казахстана, Камеруна, Нигерии, Чехии, Канады, Китая, США, Украины, Франции. Зарубежные ученые сделали 50 докладов.

21 мая состоялось пленарное заседание в Центральном дворце культуры им. М.И. Калинина. На открытии конференции с приветствием к участникам обратился руководитель Роскосмоса А.Н. Перминов. Он отметил роль космоса в решении проблем XXI века, остановился на вкладе России в развитие космических технологий, исследование планет Солнечной системы, осуществление космических программ. Далее собравшихся приветствовали: губернатор Московской области Б.В. Громов, мэр г. Королёв А.Ф. Морозенко, член Международной академии космонавтики А.И. Григорьев, президент Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского А.С. Коротеев, руководитель Национального космического агентства Украины Ю.С. Алексеев, руководитель Национального космического агентства Казахстана Т.А. Мусабаев, президент Национальной академии наук Беларуси М.В. Мясникович, президент Федерации космонавтики России В.В. Коваленок, академик РАН Б.Е. Черток.

Борису Евсеевичу Чертоку на конференции была вручена награда Международной академии космонавтики за выдающийся вклад в развитие космонавтики.

Пленарное заседание открылось выступлением Генерального секретаря МАА Ж.М. Контан. Он рассказал о деятельности Международной академии космонавтики, ее роли в сосредоточении усилий ученых всех стран на решении проблем, стоящих перед человечеством.

Председатель и главный исполнительный директор компании *Arianespace* Ж. Ле Галль в своем докладе остановился на использовании транспортной системы "Ариан" и перспективах ее использования и развития.

"История и перспективы российско-украинского сотрудничества в Международных проектах" — это тема доклада, который от группы авторов сделал С.Н. Конюхов, генеральный директор — генеральный конструктор ГП "КБ "Южное" им. М.К. Янгеля". Как известно, КБ "Южное" является создателем космических ракетных комплексов "Радуга" с РН "Космос", "Восход" с РН "Космос-2", "Циклон-2", "Циклон-3", "Зенит" и "Днепр" с одноименными ракетами-носителями (РН) и комплекса "Морской старт" с ракетой-носителем "Зенит-3SL". Все они, кроме первого, и сегодня находятся в эксплуатации.

В настоящее время завершается модернизация комплекса "Зенит" на Байконуре, предусматривающая доработки двухступенчатой РН "Зенит", введение в состав комплекса трехступенчатых РН с разгонными блоками (РБ) ДМ и "Фрегат", модернизацию и дооснащение наземного технологического оборудования для обеспечения запуска РН.

Ракета-носитель "Днепр" является ярким примером эффективной конверсии межконтинентальных баллистических ракет (МБР) РС-20 (SS-18, "Сатана"), которые снимаются с вооружения в России, в трехступенчатую РН легкого класса "Днепр" с максимальным использованием материальной части МБР, инфраструктуры стартового и технического комплексов на космодроме Байконур и пусковой базе "Ясный".

Разработка космического ракетного комплекса "Циклон-4" проводится в соответствии с договором между Украиной и Федеративной Республикой Бразилия о долгосрочном сотрудничестве сторон в использовании ракеты-носителя "Циклон-4" на пусковом центре Алкантара от 21 октября 2003 г.

Директор Объединенного института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси С.В. Абламейко в докладе "Космические технологии и их использование в народно-хозяйственном комплексе Республики Беларусь" сказал следующее. С тех пор как Республика Беларусь стала суверенным демократическим государством (1991 г.), основная задача ее космической деятельности состоит в том, чтобы получить от

научно-промышленного комплекса страны максимальную отдачу в интересах народного хозяйства.

Основные направления работ в Республике Беларусь в области космической тематики:

- разработка спутниковых средств ДЗЗ;
- разработка методов, технических средств и программного обеспечения для обработки информации, полученной космическими средствами;
- разработка высокоточных систем и комплексов траекторных измерений космических аппаратов для оборудования стартовых площадок космодромов и полигонов;
- разработка методов и средств для получения цифровых карт местности по результатам космических съемок земной поверхности;
- разработка спутниковой и наземной аппаратуры, методов для измерений озонового слоя Земли;
- создание региональных геоинформационных систем с экспертными системами поддержки принятия управленческих решений на уровне республики, области, города, района и т.д.;
- разработка и поставка микроэлектронной техники для использования в космической аппаратуре;
- создание комплексов и приборов спутниковой навигации для систем ГЛОНАСС–НАВСТАР;
- исследование проблем тепловой защиты космических аппаратов и разработка плазменной техники.

В течение последних 10 лет Беларусь активизировала свои усилия в области космической деятельности. В настоящее время в республике работают десятки промышленных предприятий, научных и конструкторских организаций, деятельность которых неразрывно связана с космической тематикой, разработкой новых технических средств и технологий для исследования и использования космического пространства в мирных целях. Они располагают специализированным производством, уникальным оборудованием, освоенными современными технологиями изготовления и испытаний космической техники и, самое главное, сформированными коллективами высококвалифицированных ученых, конструкторов, инженеров и рабочих, имеющих богатый профессиональный опыт создания и внедрения космической техники, получения и обработки космической информации.

С докладом "Основные направления перспективных разработок ГКНПЦ им. М.В. Хруничева" выступил генеральный директор ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева" В.Е. Нестеров. На примере ГКНПЦ имени М.В. Хруничева он продемонстрировал эффективность крупных космических предприятий по проектированию, созданию ракетно-космических комплексов и самолетов. В его докладе приводятся основные ха-

рактеристики космических средств, перспективы их использования, коммерческий потенциал, показана роль ГКНПЦ им. М.В. Хруничева в реализации космических программ Российской Федерации.

С докладом выступил президент РКК "Энергия" В.А. Лопота. Он рассказал о том, что на предприятии ведутся работы по созданию нового типа пилотируемого космического корабля, который придет на смену "Союзу". Сегодня разработана концепция развития российской космонавтики, предложены решения по пилотируемой экспедиции на Марс, по промышленному освоению Луны.

Интерес вызвал доклад генерального конструктора — генерального директора ФГУП "НПО им. С.А. Лавочкина" Г.М. Полищука "Новые автоматические космические комплексы России для планетных и астрофизических исследований". НПО им. С.А. Лавочкина сегодня динамично развивается, обеспечивает решение стратегических задач государственной важности. Высокопрофессиональный коллектив пополняется за счет большого притока молодежи.

Генеральный директор НПЦ автоматики и приборостроения им. академика Н.А. Пилюгина Е.Л. Межирицкий выступил на пленарном заседании со вступительным словом. Он отметил выдающуюся роль Н.А. Пилюгина как одного из соратников С.П. Королева в создании космической техники. Далее был показан фильм, созданный к 100-летию Н.А. Пилюгина.

Работа конференции продолжилась 22 и 23 мая в ИПК "Машприбор". В работе 18 секций приняли участие более 500 человек, выступили с докладами 230 человек из 120 международных и российских организаций.

Слушателям запомнился доклад генерального конструктора ОАО "НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко" Б.И. Каторгина "Вклад В.П. Глушко в развитие космической техники (к 100-летию со дня рождения)". Роль Валентина Петровича в создании ракетной техники нельзя переоценить. В докладе показан его талант в решении сложных задач создания космической отрасли в целом и ракетных двигателей в частности.

Анализируя итоги работы 1-й конференции МАА–РАКЦ "Космос для человечества", целесообразно провести их структуризацию по тематическому принципу, объединив в соответствующие блоки:

- Космос и общество.

Исследования космоса: политические, экономические и юридические аспекты. Космическая деятельность: влияние на устойчивое социально-экономическое развитие и повседневную жизнь человека и общества. Электронные технологии создания и эксплуата-

ция космических систем с использованием глобальной сети Интернет. Перспективы космического образования.

□ Космическая техника, системы и инфраструктура.

Ракеты-носители, космические аппараты и разгонные блоки. Двигатели и топливо. Космодромы и их инфраструктура. Управление полетами космических аппаратов. Деятельность человека в космосе.

□ Фундаментальные исследования космического пространства и международное сотрудничество.

Проблемы и перспективы исследования космического пространства и планет Солнечной системы, физика космического пространства. Экологический мониторинг космического пространства, аварий и катастроф. Геокосмический мониторинг и оперативное оповещение, организация противодействия угрозам и вызовам человеку.

□ Космос и энергия будущего человечества как гармония природы и разума.

Новые энергетические технологии, альтернативные и возобновляемые источники энергии. Аналитические исследования по сценариям устойчивого социально-экономического развития человечества с учетом развития энергетики и мирового топливного баланса. Организация и подготовка космических кадров для новой энергетики и нанотехнологий. Новая нормативно-правовая база, связанная с нанотехнологиями, ресурсосбережением, развитием альтернативных, возобновляемых и нетрадиционных источников энергии.

Во время заключительного обеда были представлены вновь избранные от Российской Федерации действительные члены МАА и члены-корреспонденты Международной академии астронавтики.

Прием делегации и обслуживание осуществляло ООО "Альфа-Тур Отель". Иностранцы проживали в гостинице "Алтай", им был обеспечен транспорт до

места проведения конференции и обратно. Всем участникам оказана визовая поддержка, предоставлены услуги технического секретариата. Синхронный перевод с двух официальных языков конференции — русского и английского — обеспечивали переводчики.

Запоминающимися были экскурсии в Центр управления полетами, РКК "Энергия им. С.П. Королева", Центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина. Участники конференции имели возможность ознакомиться с производством, управлением КА, системой подготовки космонавтов, а также посидеть в кресле космонавта, попробовать пищу космонавтов, а самые смелые могли испытать себя на центрифуге.

Организована была и научно-информационная поддержка с привлечением журнала "Российский космос" во главе с главным редактором, летчиком-космонавтом В.П. Савиных, международного российско-американского научного журнала "Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем: процессы, модели, эксперимент" и Общероссийского научно-технического журнала "Полет".

Проведение мероприятия такого масштаба было бы невозможным без активной помощи спонсоров. Официальный спонсор — СОАО "Русский страховой центр".

Администрация наукограда Королёв не только выделила денежные средства, но и оказала организационную поддержку при проведении заседаний конференции во Дворце культуры им. М.И. Калинина и ИПК "Машприбор", обеспечила безопасность.

Оказали финансовую поддержку ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, ЦЭНКИ, НПЦ АП, филиал МАИ. Кроме того, многие предприятия заплатили организационные взносы.

2-ю конференцию МАА—РАКЦ "Космос для человечества" планируется провести через два года на берегах Волги в г. Самаре. Подготовка к ее проведению уже началась.

Нас поздравляют

От лица Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева поздравляем редакцию Общероссийского научно-технического журнала "Полет" с 10-летием.

Публикуемые на страницах журнала материалы, посвященные различным вопросам авиации и космонавтики, пользуются неизменным интересом читателей. Каждый номер богат актуальной информацией для специалистов, инженеров, ученых в области авиационной, ракетной и космической науки и производства. Журнал — неоценимое подспорье для студентов: здесь они могут почерпнуть как исторические сведения, так и информацию о новейших научно-технических разработках и открытиях. Радуется, что редакция не забывает выдающихся ученых, которые открыли дорогу в авиацию и космонавтику, в том числе и тех, чьи судьбы были связаны с Казанским авиационным институтом.

Уверены, что и в дальнейшем "Полет" будет на высоте, оставаясь востребованным изданием как в кругу профессионалов, так и людей, не равнодушных к небу, будет способствовать укреплению позиций России как ведущей аэрокосмической державы.

Ректор КГТУ им. А.Н. Туполева Ю.Ф. ГОРТЫШОВ, президент КГТУ им. А.Н. Туполева Г.Л. ДЕГТЯРЕВ

УДК 629.7

Роль эксперимента при обеспечении ресурса самолетов

А.Н. Серьезнов, В.К. Белов

Изложены основные требования и принципы, обеспечивающие создание высокоресурсных самолетов. Приведены данные по проектным ресурсам и срокам эксплуатации отечественных самолетов, разрешенную наработку которых удалось по результатам экспериментальных исследований прочности и усталостной долговечности увеличить более чем в два раза и довести до 45–60 тысяч летных часов.

На основе результатов проведенных в СибНИИ статических и усталостных испытаний около 190 самолетов 40 типов в сборе и 170 их агрегатов проанализированы причины разрушения конструкций при статических и ресурсных испытаниях, приведена информация по типовым концентраторам напряжений в элементах конструкции планера самолета.

A.N. Seryoznov, V.K. Belov. Role Of Experiment In Aircraft Service Life Extension

The article presents the main principles and requirements for the development of aircraft with long service lives. It also specifies some project data on some aircraft, which authorized service lives were extended more than twofold (up to 45,000-60,000 hours) following the experimental rigidity and fatigue tests.

Based on the results of the static fatigue tests, carried out by the SibNIA research and test institute, in which about 190 aircraft of 40 types and 170 parts of these aircraft were involved, a case study was developed summarizing and analyzing the reasons behind the destruction of structural elements during the tests, and presenting the information with respect to the typical stress concentrators in airframe elements.

Создание высокоресурсного самолета является сложнейшей технической задачей. При этом предъявляются высокие требования к качеству проектных работ, используемым материалам, расчетным и экспериментальным методам исследований, технологиям изготовления отдельных деталей и проведения сборочных работ, системам качества на заводах-изготовителях.

Примером удачного выполнения этих требований является создание самолета Боинг-757 (сертифицирован в 1982 г.). После проведения ресурсных испытаний планера (50 тыс. полетов) не было обнаружено ни одной трещины. Этого удалось добиться 26 лет назад, когда характеристики используемых материалов и технологии изготовления уступали существующим ныне.

Удачной конструкцией планера отечественного самолета можно назвать Ту-154М, ресурсные испытания которого (1986 г.) в объеме 80 тыс. программных блоков прошли за короткий срок и с минимальными доработками. При создании Боинга-757 и Ту-154М был использован многолетний опыт разработки и эксплуатации предыдущих аналогов этих самолетов начиная с 1960-х гг.

Опыт отечественного и зарубежного самолетостроения свидетельствует, что для обеспечения высокого проектного ресурса и безопасной эксплуатации создаваемого самолета необходимы обширные экспериментальные исследования характеристик статической прочности, усталостной долговечности, трещиностойкости и остаточной прочности на образцах, панелях, агрегатах и в завершении испытаний на натурном планере самолета.

При этом качество проектирования и технологии изготовления и сборки стоит на одном из первых мест в проблеме ресурса.



СЕРЬЕЗНОВ
Алексей Николаевич —
научный руководитель
ФГУП "СибНИИ
им. С.А. Чаплыгина",
профессор,
доктор техн. наук



БЕЛОВ
Василий Кириллович —
заместитель директора
по научной работе
ФГУП "СибНИИ
им. С.А. Чаплыгина",
доктор техн. наук

Нормы летной годности самолетов транспортной категории (Авиационные правила, часть 25(АП-25)) были приняты в 1994 г., а в 1996 г. были утверждены Методы определения соответствия к АП-25.571 "Обеспечение безопасности конструкции по условиям прочности при длительной эксплуатации".

В основу этих документов кроме норм летной годности легли положения комплексной системы обеспечения ресурса самолетов и вертолетов по условиям прочности при длительной эксплуатации, разработанные в 1970–1980-е гг. коллективом специалистов ЦАГИ, СибНИИ и авиационных ОКБ под руководством А.Ф. Селихова. Документами предписывается обязательный анализ допустимости повреждения и безопасности разрушения (эксплуатационной живучести) при условии, что вероятность возникновения аварийной или катастрофической ситуации при имеющихся повреждениях должна быть практически равна нулю.

С использованием принципа допустимости повреждения и безопасности разрушения удалось начиная со второй половины 1980-х гг. поэтапно довести разрешенную наработку многих отечественных самолетов, созданных в 1950-х–1960-х гг., до 40...60 тыс. летных часов при проектных ресурсах 20...30 тыс. (табл. 1) [1].

Эти результаты удалось получить благодаря обширным экспериментальным исследованиям статической прочности и усталостной долговечности агрегатов этих самолетов и планеров в целом. В табл. 2 [2] приведены данные о количестве проведенных натурных ресурсных испытаний основных агрегатов и планеров этих самолетов. В таблицах приведены результаты по самолетам, натурные испытания которых проводились в СибНИИ.

На рис. 1 приведено размещение испытываемых самолетов в корпусе-стенде ФГУП "СибНИИ им. С.А. Чаплыгина". Поэтапное увеличение разрешенного ресурса этих и других самолетов проводилось

совместными усилиями сотрудников соответствующих конструкторских бюро, ЦАГИ, СибНИИ и других организаций.

Несмотря на стремительное развитие вычислительной техники, исчерпывающую информацию о напряженно-деформированном состоянии планера самолета, его ресурсных характеристиках можно получить с высокой степенью достоверности лишь при проведении соответствующих экспериментальных исследований.

Оценку роли экспериментальных исследований при обеспечении проектного ресурса самолетов можно получить, обратившись к опыту отработки прочности и проведения статических и ресурсных испытаний натурных отечественных самолетов и их агрегатов в СибНИИ. Там за 55 лет работы были испытаны около 80 % всех серийных самолетов, выпущенных в нашей стране.

Начиная с 1952 г. в лабораториях СибНИИ были проведены статические и ресурсные испытания около 190 самолетов в сборе 40 типов, из которых 80 самолетов испытывались на статическую прочность, 110 — на усталость. Более 170 самолетных агрегатов были испытаны на отдельных стендах (консоли крыла, фюзеляж, оперение, механизация крыла и др.). На рис. 2 показана типовая схема организации стенда для испытаний высокоресурсного самолета.

Объектами лабораторных испытаний в СибНИИ являлись самолеты разработки ОКБ им. А.Н. Туполева — 33 самолета, П.О. Сухого — 58, С.В. Ильюшина — 26, А.С. Яковлева — 25, О.К. Антонова — 13 и В.М. Мясищева — 3 самолета.

По результатам экспериментальных исследований самолетов на статическую прочность были выданы рекомендации по усилению слабых мест конструкции серийных самолетов до требований норм прочности. Исследования усталостной прочности позволили выявить места конструкции агрегатов планера с относительно

Таблица 1

Самолет	Проектный ресурс			Разрешенная наработка			Отношение наработки к проектному ресурсу		
	Число полетов	Количество летных часов	Число лет	Число полетов	Количество летных часов	Число лет	По полетам	По летным часам	По годам
Ан-12	8000	20 000	10	17 000	50 000	45	2,125	2,50	4,50
Ан-24	20 000	22 000	20	42 000	60 000	40	2,10	2,72	2,00
Ил-18	10 000	30 000	20	21 500	50 000	42	2,15	1,66	2,10
Ил-62	7500	30 000	20	8750	45 000	25	1,16	1,50	1,25
Ил-76	10 000	30 000	20	8000	30 000	30	0,80	1,00	1,50
Ту-134А	20 000	30 000	15	28 000	45 000	30	1,40	1,50	2,00
Ту-154Б	15 000	30 000	15	18 000	45 000	25	1,20	1,50	1,66

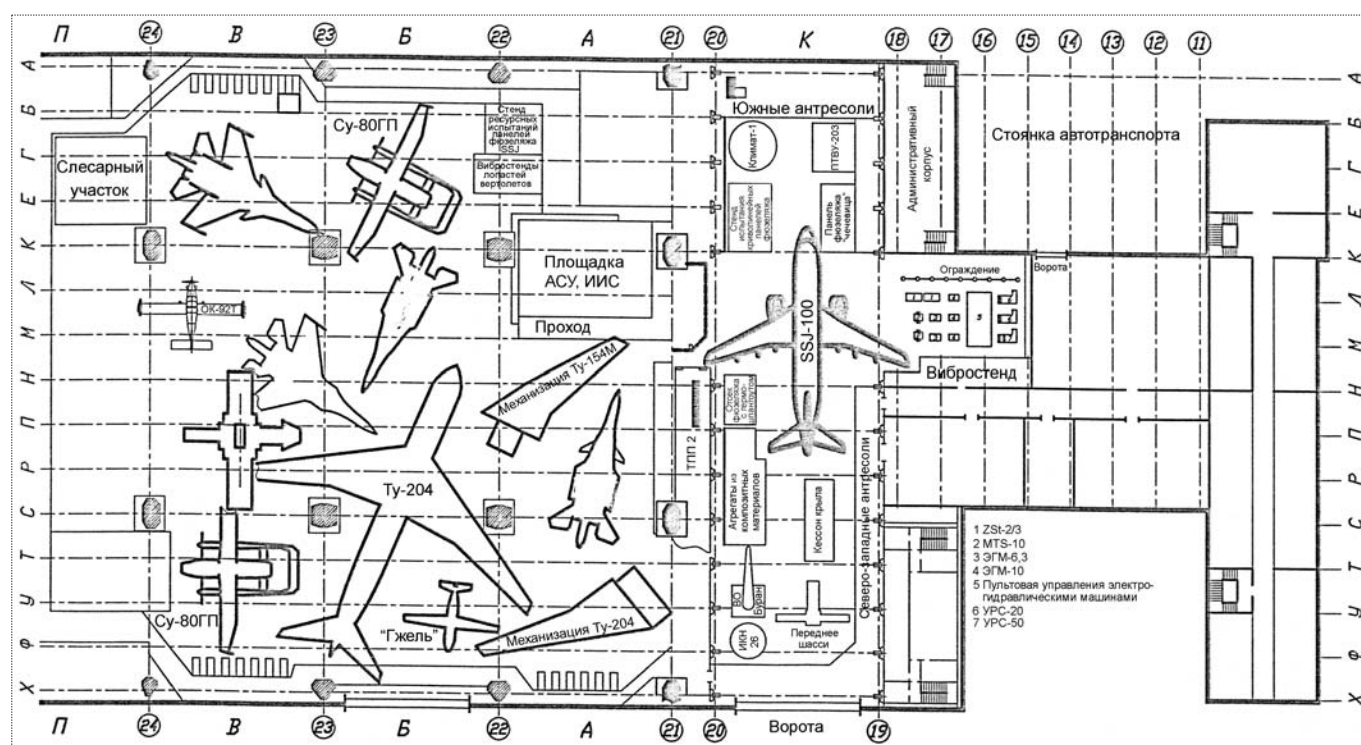


Рис. 1. План комплекса испытаний объектов корпуса № 2 СибНИА им. С.А. Чаплыгина

малым эксплуатационным сроком службы, а также разработать рекомендации по усилению слабых конструктивных элементов, существенно повысить срок службы самолетов, обосновать их первоначальный ресурс и получить данные для последующего увеличения ресурса в несколько раз.

Например, за 10 лет (1960–1970 гг.) испытаны 7 самолетов Ил-14 с налетом 1000, 3000, 6000, 15 000 30 000 летных часов. Полученные материалы позволили продлить срок их службы до 40 000 летных часов. По самолету Ан-24 удалось довести ресурс до 60 000 летных часов.

Таблица 2

Самолет	Новые конструкции			Конструкции с наработкой	
	Натурный самолет	Крыло	Фюзеляж	Натурный самолет	Крыло
Ан-12	2	—	—	4	—
Ан-24	1	1	3	3	2
Ил-18	1	3	1	3	—
Ил-62	2	1	—	—	1
Ил-76	1	2	2	—	—
Ту-134	1	2	2	1	1
Ту-154	4	—	1	1	—

Анализ результатов отработки прочности и испытаний различных типов самолетов, проведенный в разное время ведущими специалистами СибНИА Э.И. Ожеховским, Н.М. Пестовым, В.В. Ивлиевым, М.И. Рябиновым, Л.И. Приказчиком и др. [3, 4], позволил выявить закономерности и причины разрушений практически всех агрегатов серийных самолетов, провести классификацию разрушений по группам и определить границы разброса запасов прочности по каждой группе однотипных разрушений.

Анализ разрушений испытанных агрегатов проводился на основе визуальных наблюдений, по фотографиям хода разрушений, фрактографии изломов, тщательного изучения характера деформирования силовых элементов и напряженного состояния в зоне разрушения, полученного с помощью тензометрирования в ходе испытаний. Экспериментальные исследования сопровождались, как правило, комплексом расчетных исследований.

В ходе отработки прочности проводился анализ статических разрушений крыльев различной формы в плане: трапециевидной, стреловидной с прямым центропланом, стреловидной моноблочной, треугольной, а также сопоставлялись экспериментальные результаты по всем группам крыльев. Были даны рекомендации ОКБ, чтобы при расчете прочности крыльев учитывался разброс экспериментальных данных, кото-

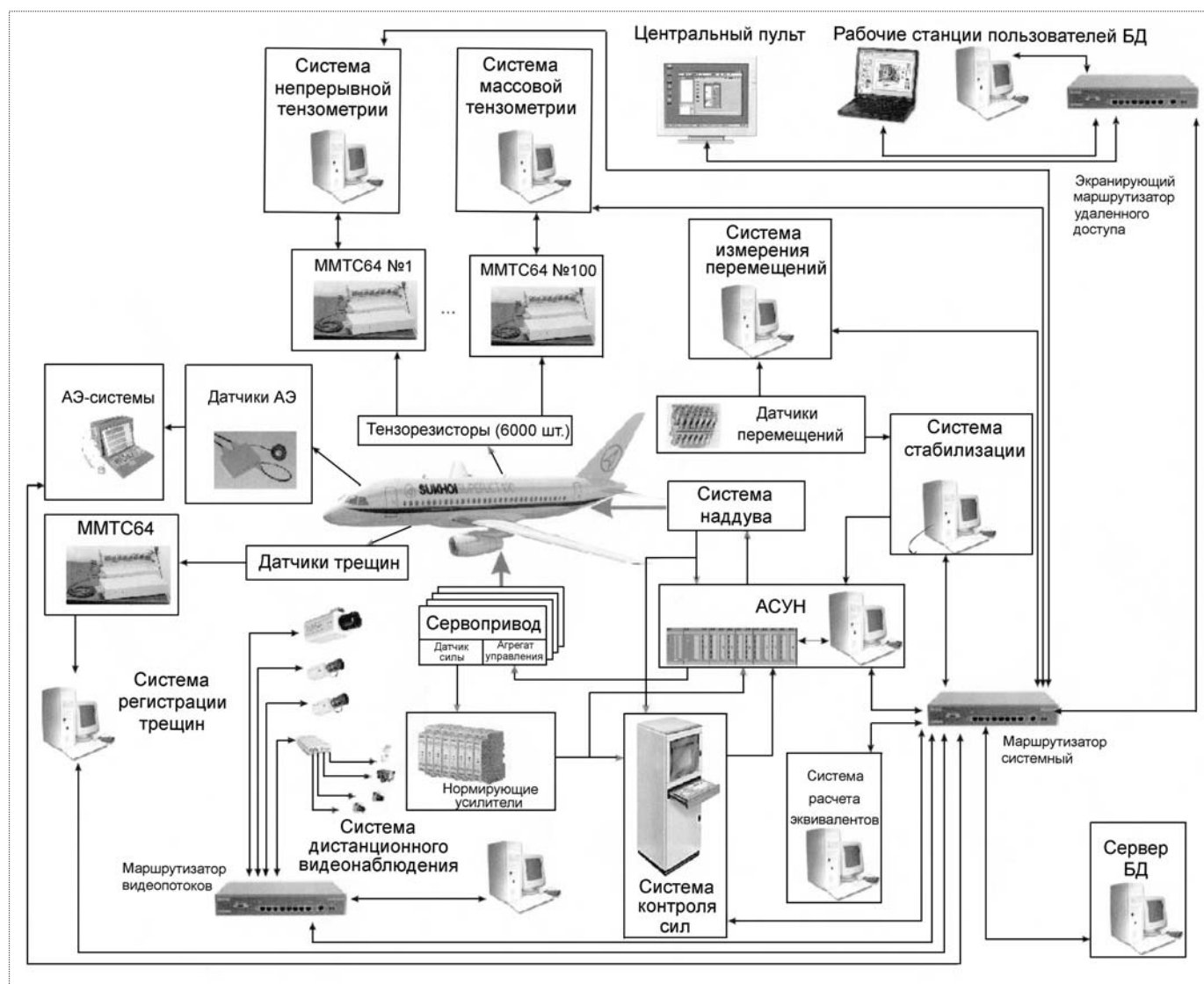


Рис. 2. Структурная схема систем автоматизации стенда ресурсных испытаний планера самолета

рый колеблется для крыльев, разрушающихся от потери устойчивости верхних панелей, в пределах 10...15 %, а для крыльев, разрушающихся от разрыва силовых элементов, в пределах 5...6 %.

Тщательное изучение напряжений, полученных при тензометрии агрегатов серийных самолетов, показывает, что большинство разрушений агрегатов планера происходит при сравнительно низких напряжениях за счет потери устойчивости. Это свидетельствует о том, что конструкция планера имеет резервы для дальнейшего совершенствования путем соответствующего повышения местной жесткости силовых элементов и панелей.

Обобщение результатов статических испытаний серийных самолетов. Анализ результатов статических ис-

пытаний, проведенных в СибНИА, и классификация мест разрушений агрегатов серийных самолетов позволяют сделать следующие выводы [3, 4].

- Более 70 % разрушений консолей крыла, фюзеляжей, стабилизаторов, килей, элеронов, силовых элементов шасси, проводок управления элеронами и рулями происходят от потери устойчивости при сжатии, изгибе и кручении. Это в основном моноблочные конструкции со сравнительно толстой работающей обшивкой и мощным набором стрингеров, разрушающиеся от потери устойчивости сжатых панелей (самолеты Ил-18, Ан-24, Ту-16 и др.), а также трубчатые конструкции элементов шасси и проводок управления, теряющие устойчивость при сжатии.

- Разброс запасов прочности при потере устойчивости крыльев, фюзеляжей и оперений колеблется в пределах 10...20 %, трубчатых элементов — 10...15 %.

К основным производственным дефектам, которые не позволили довести прочность испытанных агрегатов до расчетной нагрузки, относятся следующие:

- занижение временного сопротивления ряда силовых деталей из-за изготовления их из незакаленного материала или нарушения режимов их термообработки;

- нарушение технологии клепки: использование заклепок меньшего диаметра, других материала и формы, ослабление силового заклепочного шва креплением анкерных гаек, постановкой заклепок в край листа и изменением шага швов;

- нарушение технологии сварки и литья силовых деталей и узлов: непровар швов, раковины в литье, перегрев тонких соединений и др.;

- нарушение технологии сборки: перетяг болтов стыковых узлов, отсутствие фасок в стыковых отверстиях, засверловка отверстий значительно больших размеров, чем по чертежу.

Результаты экспериментальных исследований натурных конструкций на статическую прочность позволили выдать рекомендации по усилению слабых мест конструкции серийных самолетов Су-9, Су-11, Су-15, Су-24, Су-25, Як-28, Як-25РВ, МиГ-19, Ил-14, Ил-18, Ил-76, Ту-16, Ту-104, Ту-22, Ту-95, Ан-12, Ан-24 и др. до требований норм прочности. Опыт эксплуатации этих серийных самолетов после внедрения рекомендаций СибНИА подтвердил правильность доработок конструкций по результатам статических испытаний.

Обобщенная характеристика типовых усталостных разрушений и концентраторов напряжений агрегатов планера самолета. Анализ результатов испытаний позволил выявить слабые места конструкции планера, которые назовем типовыми концентраторами напряжений.

Одним из основных концентраторов напряжений крыльев являются различного рода поперечные стыки нижних панелей между собой, стыки панелей со стыковыми гребенками и др. Источниками концентрации напряжений здесь являются отверстия, нагруженные усилиями, передаваемыми болтами или заклепками.

Из-за неравномерного распределения усилий между болтами или заклепками в многорядном шве крайний ряд отверстий обычно нагружен относительно больше, чем другие отверстия стыка (если не приняты конструктивные меры по выравниванию усилий). Выносливость поперечных стыков в значительной мере зависит также от местных изгибающих напряжений, возникающих из-за наличия эксцентриситетов передачи нагрузки, зонковки отверстий и других факторов.

Другим основным концентратором напряжений являются многочисленные местные окончания на обшивке панели различного рода подкладочных листов, внутренних и наружных накладок и стрингеров в местах крепления кронштейнов к панели. Обычно разрушается обшивка панели, причем первоначальная трещина возникает от крайних отверстий крепления элементов. Источником концентраторов напряжений здесь также являются отверстия, нагруженные болтами или заклепками. Из-за наличия эксцентриситетов передачи нагрузки в этих местах конструкции, как показывает тензометрия, имеют место местные изгибные напряжения в обшивке, которые значительно снижают выносливость панели.

К основным концентраторам напряжений относятся также вырезы под различные люки. Концентрация напряжений здесь может быть вызвана двумя факторами:

- более высоким уровнем местных напряжений в обшивке по сравнению с ее общей напряженностью. Это вызвано недостаточным подкреплением панели в зоне выреза. В этом случае трещина в обшивке развивается от углов контура выреза, если на контуре нет дополнительных концентраторов напряжений;

- прямоугольной формой выреза с малым радиусом сопряжения по углам.

На практике оба этих фактора могут действовать одновременно.

Анализ результатов испытаний герметических фюзеляжей позволяет сделать вывод, что все разрушения в фюзеляже вызваны в основном действием циклического избыточного давления.

Большинство таких разрушений имеет место в гермошпангоутах, в которых возникают трещины в районе сочленения со стрингерами оболочки фюзеляжа и трещины в вертикальных и горизонтальных плоских стенках, а также в лучах шпангоута. Необходимо снижать уровень напряжений в лучах и местах их заделки с оболочкой фюзеляжа. Часто отмечаются разрушения обшивки в углах вырезов под люки и двери из-за недостаточного подкрепления выреза. Напряжения в углах вырезов достигают 20...30 кг/мм², поэтому конструкторы ОКБ должны уделять большое внимание созданию эффективно подкрепления.

Недостаточная выносливость крышек люков и дверей является причиной появления трещин в местах окончания профилей каркаса, где действуют более высокие напряжения от профилей. Эти разрушения опасны, поскольку могут привести к разгерметизации. За ними надо тщательно наблюдать в процессе эксплуатации самолета.

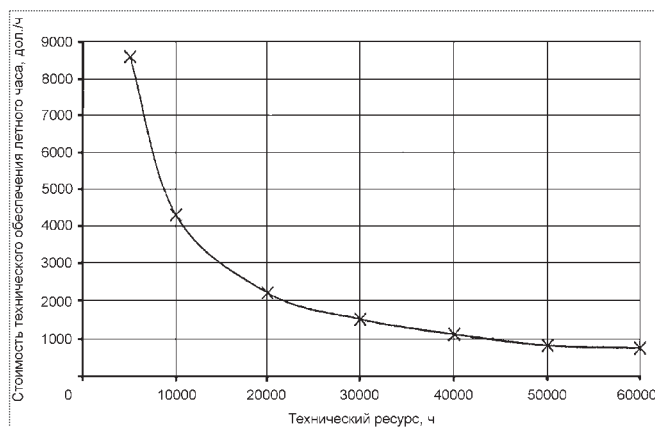


Рис. 3. Влияние технического ресурса самолета Ту-204 на стоимость технического обеспечения

На стадии отработки прочности, при проведении ресурсных испытаний и доработок конструкции целесообразно учитывать изложенные недостатки и в конструкции планера, и в технологиях его изготовления.

Учет перечисленных факторов позволяет на стадии отработки прочности в лабораторных условиях существенно повысить ресурс планера.

На рис. 3 приведены данные по влиянию технического ресурса самолета Ту-204 на стоимость технического обеспечения летного часа [5]. Видно, что стоимость технического обеспечения летного часа изменяется с 4300 дол. при ресурсе 10 000 летных часов до

700 дол. при ресурсе 60 000 летных часов. С этими цифрами тесно связаны экономическая эффективность создаваемого самолета и его конкурентоспособность на мировом рынке.

В заключение отметим, что анализ программ прочности высокоресурсных самолетов, использование апробированных ранее материалов, применение новых технологий изготовления и сборки, совместная работа ведущих специалистов ЦАГИ, СибНИА, ВИАМ, НИАТ, а также технологических служб заводов по обеспечению проектного ресурса в 70 000 и более летных часов вселяют уверенность в том, что поставленная разработчиками цель вполне достижима.

Список литературы

1. Нестеренко Г.И. Выносливость // ЦАГИ. Основные этапы научной деятельности. 1993–2003 гг. Гл. 3. М.: Физматлит, 2003.
2. Нестеренко Г.И. Долговечность самолетных конструкций // Прочность, колебания и ресурс авиационных конструкций. Вып. 2664. Издат. отдел ЦАГИ, 2004.
3. Ивлиев В.В., Ожеховский Э.И., Рябинов М.И., Пестов Н.М. Экспериментальные исследования статической и усталостной прочности конструкций самолетов. Развитие методики и экспериментальной базы с 1951 по 1991 г. СибНИА им. С.А. Чаплыгина // Основные этапы научной деятельности 1941–1991 гг. Юбилейный сборник науч. трудов. Новосибирск, 1991. 322 с.
4. Ожеховский Э.И., Пестов Н.М. Натурные исследования статической и усталостной прочности самолетов. СибНИА им. С.А. Чаплыгина // Основные этапы научной деятельности 1941–1991 гг. Юбилейный сборник науч. трудов. Новосибирск, 1991. 322 с.
5. Климов В.Т., Павлов Ал.П., Павлов Ан.П., Гайсин Ф.Ф. Авиационный бизнес. М.: Моск. рабочий, 2002. 208 с.

Нас поздравляют

Уважаемый Лев Абрамович!

В 2008 г. исполняется 10 лет с выхода первого номера Общероссийского научно-технического журнала "Полет". Журнал возник в 1990-е гг., на рубеже веков и бурных преобразований в России и сразу занял достойное место среди научно-технических журналов, стал лидером пропаганды авиации и космоса, окном, где ученые могли публиковать результаты своих новейших научно-исследовательских работ.

Среди авторов — видные ученые, организаторы промышленности, бизнесмены, летчики-космонавты. Что очень важно, вы не закрываете свои страницы для молодых ученых, аспирантов, а также студентов.

Журнал "Полет" как наиболее авторитетный в научном мире вошел в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых публикуются основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по авиационной и космической специальностям. Я думаю, и впредь журнал будет на передовых позициях.

Уважаемый Лев Абрамович, я и все члены редколлегии журнала "Полет" поздравляют Вас с 10-летием журнала "Полет". Желаем творческих успехов, дальнейших свершений на благо нашей любимой Родины, интересных публикаций, здоровья.

С уважением,

заместитель генерального директора ГКНПЦ им. М.В. Хруничева,
директор НИИ КС имени А.А. Максимова,
генеральный конструктор МФКС Союзного государства В.А. МЕНЬШИКОВ

Главному редактору литературы
по авиации, ракетной технике
и космонавтике
ОАО "Издательство "Машиностроение"
Л.А. Гильбергу

УДК 629.7

ЦАГИ – государственный научный центр авиастроения

С.Л. Чернышев

В статье рассказано об основных направлениях деятельности Центрального аэрогидродинамического института, его уникальной экспериментальной базе. Освещены процессы интеграции, идущие сегодня в авиастроении. Показаны необходимость создания мощного государственного сектора прикладной авиационной науки и в связи с этим особая актуальность создания Национального центра авиастроения на базе наукограда Жуковский.

S.L. Chernyshev. TSAGI: State Research Center of Aircraft Building

The article gives a story of the Central Aero Hydrodynamic Institute, TSAGI, focusing on its main-streams and the unique experimental base. Furthermore, it highlights the integrative processes ongoing in the aircraft building sector, attaching special importance to the need to set up a powerful state-owned sector of applied aviation science, nominating the Zhukovsky scientific city as a good candidate to be the National Aircraft Industry Center.

Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), созданный по инициативе выдающегося русского ученого профессора Н.Е. Жуковского в соответствии с Постановлением НТО ВСНХ от 1 декабря 1918 г., в этом году отмечает свое 90-летие. ЦАГИ является одним из крупнейших научных центров не только России, но и всего мира. Работая под девизом "Теория, эксперимент, практика", институт обогатил науку выдающимися результатами фундаментальных и прикладных исследований. Многие прославленные отечественные ученые-механики выросли в стенах ЦАГИ, прошли школу ЦАГИ, создали в институте фундаментальные труды, получившие мировое признание. Практически во всех изделиях авиационно-космической техники, созданных в нашей стране, есть вклад ученых и инженеров ЦАГИ. Достижения специалистов ЦАГИ внедрены и в других отраслях народного хозяйства — в транспортном машиностроении, судостроении, энергетике. На базе Центрального аэрогидродинамического института был организован целый ряд научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро, ставших основой авиационной промышленности государства. Все годы ЦАГИ плодотворно сотрудничал с Российской академией наук и оказывал влияние на развитие высшей школы.

В 1994 г. ряду крупнейших научно-исследовательских организаций нашей страны Постановлением Правительства РФ был присвоен статус государственных научных центров. В их перечне ЦАГИ занимает позицию № 1. Это отражает ведущую роль института в развитии научного потенциала страны, проведении комплексных фундаментальных и прикладных исследований, в подготовке высококвалифицированных научных кадров.

ЦАГИ имени профессора Н.Е. Жуковского пользуется заслуженным авторитетом во всех странах мира, имеющих и развивающих авиационную промышленность. Институт плодотворно сотрудничает с более чем 50 зарубежными компаниями и научными центрами. Среди них такие известные компании, как Boeing, Lockheed Martin, Embraer, EADS, Airbus, Snecma, Dassault, Alenia, HAL, научно-исследовательские центры NASA, ONERA, DLR, NLR.

Основными направлениями деятельности ЦАГИ являются:

фундаментальные и прикладные исследования в области аэродинамики летательных аппаратов (ЛА) с дозвуковыми, сверхзвуковыми и гиперзвуковыми скоростями полета;



ЧЕРНЫШЕВ
Сергей Леонидович —
директор ЦАГИ
им. проф. Н.Е. Жуковского,
доктор физ.-мат. наук



Испытания на статическую прочность самолета SSJ-100

формирование облика и выбор основных параметров ЛА, проектирование аэродинамической компоновки, исследования аэродинамики двигательных установок и их элементов, комплексные исследования в аэродинамических трубах;

исследования конструкций, оптимизация их параметров при ограничениях по прочности, аэроупругости и ресурсу, разработка программного обеспечения и расчет на прочность изделий и их элементов;

статические и ресурсные испытания на прочность конструкций ЛА и их элементов, расчетные и экспериментальные исследования явлений аэроупругости и динамической устойчивости конструкций;

разработка систем управления ЛА и создание современных цифровых бортовых систем автоматического управления;

фундаментальные исследования гидродинамики больших скоростей и ЛА водного базирования;

авиационная акустика и экологичность ЛА; разработка уникальных экспериментальных стендов в области аэродинамики, гидродинамики, аэротермодинамики, динамики полета, прочности и аэроакустики.

Для решения этих задач институт располагает уникальной экспериментальной базой:

комплексом аэродинамических труб и газодинамических установок дозвуковых, транс-

звуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростей потока;

комплексом подвижных и неподвижных пилотажных стендов и стендов систем управления;

комплексом стендов статической и динамической прочности, выносливости, аэроупругости, тепловой и акустической прочности натуральных конструкций ЛА и их элементов;

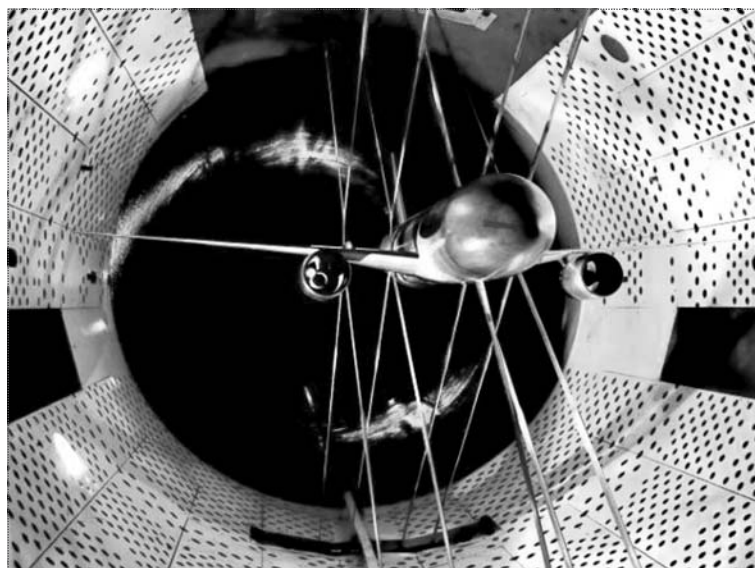
стендами для исследования воздухозаборников и реактивных сопел;

комплексом стендов авиационной акустики;

гидродинамическими стендами.

Сосредоточение перечисленных экспериментальных средств в одном научном центре позволяет проводить комплексные исследования разрабатываемой авиационной техники и обеспечивать своевременное и качественное решение проблем в области авиастроения. Сохранение и развитие экспериментальной базы является одной из важнейших задач института. Это же относится и к научному и инженер-

ному персоналу ЦАГИ. В институте работают свыше 3500 специалистов. Среди них более 600 кандидатов и 100 докторов технических и физико-математических наук, действительный член РАН и 6 членов-корреспондентов. К сожалению, проблема, характерная для всей авиационной отрасли, — отсутствие преемственности поколений и слабый приток молодых специалистов — не обошла стороной и ЦАГИ. Необходима разработка долговременных программ, направлен-



Модель самолета MC-21 в аэродинамической трубе Т-106 ЦАГИ

ных на привлечение в институт и закрепление молодежи. Особое внимание следует уделить жилищному вопросу. Сейчас в ЦАГИ разрабатываются такие программы с учетом мероприятий, проводимых в Московской области и в городе Жуковском.

Если рассматривать перспективы отечественного авиастроения, то следует отметить определенные положительные сдвиги. Во многом это обусловлено реализацией Федеральной целевой программы "Развитие гражданской авиационной техники России на 2002–2010 годы и на период до 2015 года". Важнейшим аспектом при этом является координация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание перспективной авиационной техники. Здесь главную роль должен сыграть Координационный совет, возглавляемый ЦАГИ.

Сегодня практически во всех отраслях российской промышленности идет консолидация активов в рамках интегрированных структур, подконтрольных государству. В авиационной промышленности такой структурой стала "Объединенная авиастроительная корпорация" (ОАК), стратегия развития которой направлена на завоевание статуса одного из крупнейших мировых центров самолетостроения с широко диверсифицированным продуктовым рядом. К 2025 г. ОАК должна стать одним из лидеров мирового самолетостроения. К этому времени планируется выпустить около 5800 самолетов различных назначения и классов.

Еще один пример создания интегрированной структуры в отрасли – формирование российского холдинга "Вертолеты России", которое в настоящее время находится в стадии завершения. Согласно комплексной целевой программе "Развитие вертолетостроения в РФ на период до 2015 года" целью ОАО "Вертолеты России" является увеличение производительности предприятий вертолетной отрасли в три раза, доведение годового выпуска вертолетов до 500 (в 2007 г. выпущено около 150 вертолетов) и освоение к 2015 г. не менее 15 % мирового рынка за счет новой конкурентоспособной продукции.

Создание крупных интегрированных научно-производственных комплексов является для российской авиационной промышленности основным способом добиться устойчивого роста в долгосрочной перспективе, который позволит производить авиационную технику, способную конкурировать с продукцией транснациональных авиационных корпораций, действующих на мировых рынках. Возможно, я ошибаюсь, но мне представляется, что эти процессы интеграции есть не что иное, как отражение в экономике российской политической практики, которую отличает стремление

к политической целостности через централизацию властных функций. Сильная центральная власть на протяжении нескольких веков российской истории собирала, скрепляла и развивала огромную страну, проводя все значимые реформы. Точно так же, как централизация власти была необходима для сохранения суверенного государства, создание в промышленности интегрированных структур необходимо для того, чтобы Россия смогла занять достойное положение в мировом разделении труда – перейти к инновационной экономике интеллектуальных услуг.

Поскольку авиационная промышленность – важнейшая отрасль, влияющая на развитие отечественной промышленности в целом, ее развитие является не отраслевой, а общенациональной задачей, задачей стратегических интересов государства, в значительной степени определяющей его конкурентоспособность и место в мировой экономике.

Какова роль науки в столь масштабных переменах, происходящих в авиационной промышленности? Ответ на этот вопрос очевиден: наука является тем самым интеллектуальным ресурсом, без которого создание новых образцов конкурентоспособной авиационной техники невозможно. Развитие науки и технологий позволит обеспечить социально-экономический прогресс страны и относится к числу высших приоритетов Российской Федерации. Достижения науки и технологий в современных условиях стали определять динамику экономического роста, уровень конкурентоспособности государств в мировом сообществе, степень обеспечения их национальной безопасности, равноправной интеграции в мировую экономику. Государственная политика в области развития науки и технологий определяется переходом к инновационному пути развития нашей страны на основе определяемых Президентом Российской Федерации приоритетов.

Реализация этой политики с опорой только на негосударственные корпоративные научные структуры принципиально невозможна, поскольку доминантные интересы и цели их функционирования в общем случае не совпадают с целями и интересами государства. Крупные негосударственные корпорации, безусловно, участвуют в создании новых знаний, которые в значительной мере определяют конкурентоспособность продуктов с высокой добавленной стоимостью, создаваемых с использованием наукоемких технологий. Но процесс получения новых знаний внутри таких корпораций строго ограничен рамками обеспечения конкурентоспособности продукции. Как свидетельствует мировой опыт, корпорации очень неохотно идут на рискованный капитал, а иногда, при своем монопольном положении на рынке, замораживают процессы получения

новых знаний. Полная передача прикладной фазы инновационного процесса в коммерческую сферу недопустима, так как существует целый ряд важнейших задач в области прикладной науки, решение которых составляет неотъемлемую прерогативу государства.

К числу таких задач применительно к авиационной отрасли относится проведение научных исследований и технологических разработок, обеспечивающих сохранение и развитие национальных приоритетов России в области авиации, включая:

поисковые исследования по определению перспективных направлений деятельности, новых технических путей и принципов развития авиационных систем вооружения, военной и специальной техники, необходимых для обеспечения оборонной безопасности страны;

постоянное совершенствование путем разработки новых технологий, технологической базы, способной обеспечить разработку и производство конкурентоспособной авиационной техники; создание, сохранение и развитие уникальной экспериментально-стендовой и испытательной базы, имеющей, как правило, общепромышленное или межотраслевое значение для важнейших отраслей экономики и являющейся национальным достоянием России.

Поэтому России для сохранения и в перспективе статуса авиационной державы необходимо иметь

поддерживаемый государством и решающий общенациональные задачи в сфере авиационной деятельности государственный сектор прикладной науки авиационной промышленности, объединяющий ведущие научные организации, ответственные за формирование научно-технической, военно-технической, промышленной политики и технологического базиса авиационной отрасли. Консолидирующим звеном в этом объединении может и должен быть ЦАГИ.

Такой подход приобретает особую актуальность в свете Указа Президента Российской Федерации о создании на базе наукограда Жуковский Национального центра авиационной науки (НЦА). Составной частью НЦА является современный авиационный центр фундаментальных и поисковых исследований. По моему мнению, именно он и есть прообраз будущего единого национального научно-исследовательского центра России, объединяющего государственный сектор авиационной науки. В структуру этого центра должны войти государственные научные центры, являющиеся лидерами в своих направлениях и принимающие непосредственное участие в формировании национальных программ в области авиационной науки и техники. При этом ими могут быть сохранены статус юридического лица и возможность ведения самостоятельной хозяйственной деятельности.



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

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу "Роспечать" 48906, каталогу "Пресса России" 29188 и каталогу "Почта России" 60258) или непосредственно в редакции журнала

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

Ордена Трудового Красного Знамени ОАО "Издательство "Машиностроение"/ ООО "Машиностроение-Полет", 107076, Москва, Стромынский пер., 4

Редакторы номера *О.Г. Красильникова, И.Н. Мырина, Д.Я. Чернис*
Технический редактор *Т.И. Андреева*. Корректоры *Л.И. Сажина, Л.Е. Сонюшкина*

Сдано в набор 06.06.08. Подписано в печать 10.07.08. Формат 60×88/8. Усл. печ. л. 15,19. (в т.ч. вкл. 0,49). Уч.-изд. л. 15,01 (в т.ч. вкл. 0,75). Зак. 844. Свободная цена.

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ОАО "Издательство "Машиностроение".

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика". 142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, д. 15