

Space Research & Technologies

# КОСМИЧЕСКИЕ

№3  
2012

## ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

Международный журнал о космонавтике International Journal of Aerospace



КБ «Южное» —  
на мировом уровне

Новый казахстанский  
телескоп

ДЗЗ борется с вредителями  
сельского хозяйства

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Талгат Мусабаев** —  
председатель, Казахстан  
**Мейрбек Молдабеков** —  
заместитель председателя, Казахстан  
**Александр Дегтярев** —  
генеральный конструктор — генеральный  
директор ГП «Конструкторское бюро «Южное»  
им.М. К. Янгеля», Украина  
**Жумабек Жантаев** —  
заместитель председателя,  
главный редактор, Казахстан  
**Жайлаубай Жубатов** —  
директор РПП «Научно-исследовательский центр  
«Гарыш-Экология», Казахстан  
**Галия Карибжанова** —  
директор департамента экологической политики  
и устойчивого развития Министерство охраны  
окружающей среды Республики Казахстан  
**Игорь Коваль** —  
заместитель Председателя комитета лесного и  
охотничьего хозяйства Министерства сельского  
хозяйства Республики Казахстан  
**Леопольд Лобковский** —  
заместитель директора Института океанологии  
им. П.Ширшова, член-корреспондент  
Российской Академии Наук, Россия  
**Аскар Майлебаев** —  
директор департамента предупреждения чрез-  
вычайных ситуации МЧС Республики Казахстан  
**Мартин Свитинг** —  
исполнительный директор компании «Surrey  
satellite technology Ltd» (SSTL), Великобритания  
**Гавыллатын Мурзакулов** —  
президент АО «Национальная компания  
«Казахстан Гарыш Сапары», Казахстан  
**Куат Мустафинов** —  
и.о. генерального директора АО «Совместное  
Казахстанско-Российское предприятие  
«Байтерек», Казахстан  
**Даулет Нурумбетов** —  
генеральный директор РПП  
«Инфракос», Казахстан  
**Рене Пишель** —  
глава постоянного представительства  
Европейского космического агентства  
в Российской Федерации  
**Сомчет Тинапонг** —  
председатель Агентства по геоинформатике  
и развитию космических технологий  
Королевства Таиланд (GISTDA)  
**Виктор Хартов** —  
генеральный конструктор —  
генеральный директор  
ФГУП «Научно-производственное  
объединение им. С.А. Лавочкина», Россия

Журнал «Космические исследования и технологии», № 3(4) 2012

**Периодичность:** четыре номера в год  
**Главный редактор** Жумабек Жантаев  
**Шеф-редактор** Нурлан Аселкан  
**Заместитель главного редактора** Александр Губерт  
**Заместитель главного редактора** Леонид Чечин  
**Официальный представитель в Москве  
и Российской Федерации** Эльвира Ханко  
**Дизайн и верстка** Татьяна Рожковская  
**Техническая подготовка** Альберт Аджимуратов  
**Адрес редакции:** 050010, г. Алматы,  
ул. Шевченко, 15, тел. (727) 385-49-36, факс (727) 293-88-20  
e-mail: nurlan1410@mail.ru, info-nckit@yandex.ru  
www.cosmos.kz

Свидетельство о постановке на учет № 11779-Ж от 02.07.2011,  
выдано Министерством связи и информации Республики Казахстан  
Мнение авторов не всегда совпадает с мнением редакции.  
Ответственность за содержание рекламных материалов  
несет рекламодатель.

Перепечатка материалов, а также использование в электронных СМИ  
возможны только при условии письменного согласования с редакцией.

### Отпечатано в типографии

ТОО «Синергия Пресс» г. Алматы, пр. Рыскулова, 57в  
Тираж 1000 экземпляров

**Учредитель и издатель** ТОО COSMOS.KZ

**Перевод и корректура** — Фонд поддержки науки  
и технологий «SCIENCE»

Magazine «Space Research and Technologies», № 2(3) (2012)

**Periodicity:** four issues per year

**Editor-in-Chief** Zhumabek Zhantayev

**Chief Editor** Nurlan Aselkan

**Deputy Editor-in Chief** Alexander Gubert

**Deputy Editor-in-Chief** Leonid Chechin

**Official Representative in Moscow and Russian Federation**  
Elvira Khanko

**Design and make-up** Tatyana Rozhkovskaya

**Technical preparation** Albert Ajimuratov

**Address of Editorial Office:** Shevchenko str., 15, 050010, Almaty.

Phone (727) 385-49-36, Fax (727) 293-88-20

e-mail: nurlan1410@mail.ru, info-nckit@yandex.ru

www.cosmos.kz

Certificate of registration № 11 779-Zh from 02.07.2011 issued  
by the Ministry of Communications and Information of the  
Republic of Kazakhstan Opinion of the authors do not always reflect  
the views of the publisher. The advertiser is responsible  
for the contents of advertising materials. The reprint of materials  
and the use at electronic media is possible only provided a written  
agreement with the editorial board.

### Printed at

«Synergy Press» 57v, Ryskulov str., Almaty

Circulation 1000 copies

Founder and publisher LLP COSMOS.KZ

Translation and proofreading — Fund for Supporting of Science  
and Technologies «SCIENCE»



## ПРЕДПРИЯТИЯ

Полвека в практической космонавтике  
На вопросы журнала отвечает Александр Викторович  
ДЕГТЯРЕВ, Генеральный конструктор-Генеральный  
директор Государственного предприятия  
**2** «Конструкторское бюро «Южное» имени М.К. Янгеля»

## ENTERPRISES

Half a century in the practical space exploration  
Alexander Viktorovich DEGTYAREV,  
General Designer-General Director of the Yuzhnoye  
State Design Office named after M.K. Yangel answers  
**10** the questions of the magazine

## АСТРОНОМИЯ

Большой казахстанский телескоп —  
каким он будет?  
Жумабек Жантаев,  
Чингис Омаров,  
**16** Рашид Валиуллин

## ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

Космический мониторинг  
мест обитания азиатской саранчи в Казахстане  
Муратова Н.Р., Цычуева Н.Ю.,  
**20** Камбулин В.Е.

## ESA

Anatomy of a  
navigation satellite  
  
Анатомия спутниковой  
навигации  
**32** Galileo выходит на орбиту

## РЕПОРТАЖ

Под жарким солнцем  
Украины  
Посещение Национального центра управления  
и испытаний космических средств  
**38**

## НОСИТЕЛИ

Космические носители:  
на пути к совершенству  
Дмитрий Воронцов,  
**44** Игорь Афанасьев

## КОСМОДРОМЫ

Вокзал для самых тяжелых поездов  
Игорь Афанасьев,  
**52** Дмитрий Воронцов

## ИСТОРИЯ

Выдающийся испытатель  
Памяти Александра Александровича МАКАРОВА  
Игорь Афанасьев,  
**60** Дмитрий Воронцов

# Полвека в практической Космонавтике



**На вопросы журнала отвечает Александр Викторович ДЕГТЯРЕВ, Генеральный конструктор-Генеральный директор Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное» имени М.К. Янгеля»**



— Расскажите о деятельности возглавляемого Вами КБ, его опыте по созданию сложных ракетно-космических систем, успешном выходе на мировой рынок, что заслуживает самого пристального внимания.

— ГП «КБ «Южное» — головная украинская организация-

разработчик космических ракетных комплексов, ракетных двигателей и космических систем. За более чем 50 лет работы по созданию космических систем, ГП «КБ «Южное» совместно с кооперацией разработало свыше 70 типов космических аппаратов, сдало в эксплуатацию 15 космических ра-

кетных комплексов мирового уровня, осуществило запуск на орбиту 401 космический аппарат собственной разработки. За прошедшие годы накоплен значительный научно-технический потенциал, воспитан коллектив высококвалифицированных специалистов, создана экспериментальная база для развития традиционных и новых направлений космической техники, используемая в настоящее время как при проведении работ в рамках реализации Национальной космической программы Украины, так и для выполнения межгосударственных космических программ.

В конце прошлого столетия космической отрасли Украины пришлось пережить трудные времена, когда предприятия, деятельность которых была сориентирована на решение задач обороны, были вынуждены выживать без достаточной государственной поддержки в жестких рыночных условиях. Производственные мощности, рассчитанные на объем заказов времен СССР, оказались в значительной степени невостребованными. В этих условиях спа-



сательным кругом для отрасли стали накопленный опыт специалистов и высокий уровень научно-технических разработок, которые позволили предприятиям выйти на мировой космический рынок и реализовать свои разработки в рамках широкого международного сотрудничества. Начиная с 1996 года завоевали и уверенно удерживают свою долю рынка ракеты космического назначения «Зенит», «Днепр» и «Циклон», созданные ГП «КБ «Южное», ГП «ПО «ЮМЗ» и другими предприятиями кооперации.

В сотрудничестве с ведущими мировыми компаниями мы вышли на новый, более высокий уровень. Космические технологии являются

одним из факторов, определяющих значимость и имидж Украины в мире. Во многом благодаря деятельности нашего предприятия Украина относится к государствам, ведущим активную деятельность по разработке и созданию ракетно-космической техники, космическим исследованиям.

— Одним из самых удачных проектов, своего рода «визитной карточкой Вашингто КБ», является КРК «Зенит». Носитель успешно работает в ряде программ. Многие специалисты считают, что его потенциал, в том числе в плане модернизации, не исчерпан. Какие варианты модернизации предлагают конструкторы, какие новые ха-

**рактеристики носителя мы получим?**

— Действительно, семейство ракет-носителей «Зенит» занимает особое место в разработках ГП «КБ «Южное». В 80-х годах прошлого века на основе передовых технологий были созданы ракеты-носители, выполненные по моноблочной схеме и отличающиеся высоким уровнем энергетических характеристик, высокой надежностью, большой плотностью компоновки, экологической безопасностью, и, что особенно стоит подчеркнуть — возможностью подготовки и проведения пуска в полностью автоматизированном режиме. Эти уникальные характеристики позволили создать совместно с российски-

«РН «Зенит-3SLB» в МИКЕ площадки 42 на космодроме Байконур»



Перспективная транспортная космическая система «Рассвет»

ми, американскими, норвежскими компаниями и успешно эксплуатировать в течение 10 лет ракетно-космический комплекс морского базирования «Морской старт» с ракетой-носителем «Зенит-3SL». Дальнейшим развитием «Зенита» стало использование его в программе «Наземный старт», в рамках которой проведена

модернизация технического и стартового комплексов на космодроме Байконур. В настоящее время созданы с использованием различных разгонных блоков трехступенчатые ракеты-носители «Зенит-3SLБ» и «Зенит-3SLБФ», на которых реализован ряд мероприятий, значительно повышающих их надежность и эксплуатацион-

ные характеристики. Достигнутые технические характеристики обеспечили высокую востребованность этой РН.

Имеются планы по дальнейшей модернизации «Зенита»: в ближайшее время планируется повысить энергетические возможности РН «Зенит-3SL» до 6700 кг и в дальнейшем до 7000 кг на геопереходную орбиту с тем, чтобы обеспечивать запуск самых тяжелых геостационарных космических аппаратов, которые создаются в настоящее время.

Имеются планы и по расширению использования РН «Зенит» на космодроме «Байконур».

В настоящее время РКК «Энергия» проектирует новый пилотируемый космический корабль, который должен заменить «Союзы», которые эксплуатируются с 70-х годов и уже не в полной мере удовлетворяют современным требованиям к пилотируемым кораблям. Летные испытания нового корабля предполагается проводить на Байконуре с помощью РН «Зенит».

Есть планы и на более отдаленные перспективы. На данном этапе во всем мире созрела уверенность, что пришло время для начала межпланетных космических полетов. В качестве первоочередных задач для таких полетов рассматриваются Марс и Луна. Ракеты-носителя для решения подобных задач в настоящее время не существует ни у одной из космических держав. И именно на базе РН «Зенит» ГП «КБ «Южное» предлагает создание такой ракеты-носителя. Конечно, Украине в одиночку реализация столь масштабного проекта будет не под силу, но в рамках международного сотрудничества это вполне возможно. Возможность создания такой ракеты-носителя мы изу-

чаем совместно с нашими коллегами из Российской Федерации и Казахстана.

— Одним из важных направлений является создание новой техники. Что создается сегодня в КБ? Как проходит развитие новых направлений — спутников ДЗЗ, маршевых двигателей первых ступеней и пр.

— Аппарат «Сич-2» разработки ГП «КБ «Южное» и изготовления ГП «ПО «ЮМЗ» был запущен в 2011 г. и более года успешно функционирует на космической орбите. Разрабатываются новые проекты: «Сич-2М» — оптико-электронный КА с разрешением 2м, «Сич — 3О» — оптико-электронный КА с разрешением менее 1 м, «Сич — 2РЛ» — радиолокационный КА и другие аппараты для решения задач ДЗЗ.

Разрабатывается проект «Космический патруль» — глобальная низкоорбитальная космическая система связи, предназначенная не только выполнять контрольные функции, например, автоматический дистанционный контроль физического состояния человека, экстренное оповещение соответствующих близлежащих служб спасения, но и управлять процессами: дистанционно перекрывать подачу нефти и газа в трубопроводах при аварийных ситуациях, включать противопожарные системы и т.д.

Также разрабатываются новые двигатели для первых, вторых и космических ступеней РН тягой 120, 200, 10 тс, 250 кгс, работающие как на экологически чистых, так и на высококипящих компонентах топлива.

Разрабатываются новые РКН семейства «Маяк», позволяющие доставлять на самые разные орбиты грузы раз-



личного назначения и веса. Авиационно-космический комплекс — это инновационный проект воздушного старта с использованием самолета «Руслан» разработки АНТК им. Антонова, из которого десантируется на высоте 10 км и стартует ракета, выводящая на низкую околоземную орбиту полезную нагрузку. Проводит-

ся разработка многоуровневой транспортно-космической системы, космических буксиров и многих других инновационных проектов.

Без активного использования космоса невозможно решить такие глобальные проблемы человечества, как снижение вероятности столкновения Земли с астероидами,

КА «Сич-2  
Первый египетский  
спутник ДЗЗ



РН «Циклон-4»

уменьшение загрязнения околоземного космического пространства «космическим мусором», парирование глобального изменения климата, борьба с истощением озонового слоя атмосферы, нехватка земных ресурсов — источников энергии, воды, продовольствия.

Украинские ученые и инженеры также ведут работы в этих направлениях. Например, украинскими специалистами предложен проект «Ионосат», целью которого является изучение возможности оперативного мониторинга космической погоды, диагностика природных и техногенных катастрофических явлений с помощью низкоорбитальной группировки из трех микроспутников. Разработаны проекты по удалению навсегда с нашей планеты с помощью ракетно-космической техники высокоактивных радиоактивных отходов, чрезвычайно вредных для земной биосферы. Также специалистами ГП «КБ «Южное» предлагается проект по предотвращению столкновения Земли с астероидами.

Ведутся разработки в сфере технологий и материаловедения. Передовые технологии, созданные ракетостроителями для решения космических задач, планируется использовать в самых разных отраслях экономики.

— **Международное сотрудничество. Что дал опыт работы по созданию ступеней и двигателей для «Веги», «Антареса»? Как развивается сотрудничество в рамках проекта «Циклон-4»?**

— В современных условиях развития космической техники главным направлением реализации и дальнейшего развития своего научно-технического и производственного потенциала мы выбрали путь международного сотрудничества с ведущими

ми компаниями США, Бразилии, Европы, Азии, России и Казахстана в осуществлении сложнейших космических проектов.

В Брюсселе успешно функционирует Европейское представительство ГП «КБ «Южное», деятельность которого позволяет расширять сотрудничество с европейскими космическими компаниями и научными организациями. Совместно с итальянской фирмой Avio, ГП «КБ «Южное» разработало маршевый двигатель для четвертой ступени европейской РН «Вега». Новый подход к отработке изделия позволил минимизировать затраты на наземную отработку. Кроме того, первое летное испытание двигателя стало коммерческим пуском. Результаты, полученные заказчиком в ходе испытаний, были феноменальными. В ходе работы специалисты ГП «КБ «Южное» проявили высокий уровень профессионализма, который встретил самые положительные отзывы со стороны представителей заказчика.

Программа «Антарес» — это, прежде всего, еще один международный проект, который, как и «Си Лонч», стал визитной карточкой КБ «Южное». В рамках программы «Антарес» Южное отвечает за разработку, испытания и ввод в эксплуатацию основной конструкции первой ступени РН «Антарес» и Наземного технологического оборудования. Однако наше предприятие вложило в эту международную программу гораздо больше, чем документацию и оборудование. Это более чем 50-ти летний опыт разработки и эксплуатации космических ракетных систем. Наши американские партнеры из компании Orbital Sciences Corporation, в свою очередь, сделали систему менеджмента программы «Антарес» оперативной и гибкой

с точки зрения графика проведения работ и выполнения поставок, наиболее эффективной с точки зрения управления затратами и максимальной приближенной к стандартам НАСА. Такое партнерство и синергия двух компаний с разным опытом, но единой целью, позволит нам оперативно реагировать и подстраиваться под быстро меняющуюся среду ведения космического бизнеса. Уже сейчас, зная возможности наших компаний, мы задумываемся о расширении существующего сотрудничества и периодически обсуждаем новые направления совместной деятельности.

Полным ходом идет реализация совместного украинско-бразильского проекта «Циклон-4». Так, в настоящее время завершаются строительные работы на космодроме Алкантара, начинается монтаж и наладка наземного технологического оборудования космодрома. Что касается ракеты-носителя «Циклон-4», то на данный момент завершается выпуск эксплуатационной документации, проводятся наземные испытания узлов и систем РН, начато производство компонентов РН для проведения летных испытаний. Первый пуск РН «Циклон-4» с космодрома Алкантара намечен на конец 2013 года.

Содействие реализации Проекта оказывается правительствами Украины и Бразилии. Так, постановлением Кабинета министров Украины проект «Циклон-4» был определен как приоритетное направление развития высокотехнологичных отраслей экономики Украины. В сентябре 2012 года ГП «КБ «Южное» и ГП «ПО «ЮМЗ» посетили министр иностранных дел Украины Константин Грищенко, а впоследствии и Президент Украины Виктор Янукович,



Двигатель РН «Вега»



Семейство перспективных РН «Маяк»



Вторая ступень  
РН «Циклон-4»

возглавляющий правительственную делегацию, которые выразили удовлетворенность работой украинских ракетостроителей и готовность оказать поддержку в ходе реализации международных проектов.

В Бразилии существенного прогресса по Проекту удалось достичь после назначения Марко Антонио Рауппа сначала Президентом Бразильского космического агентства (БКА), а потом — Министром науки, технологий и инноваций. В ходе двух его визитов в Украину он ознакомился с предприятиями космической отрасли Украины, посетил производственные мощности ГП «ПО «ЮМЗ» и так называемый «Сухой космодром» на ПАО «Днепротяжмаш», после чего высоко оценил перспективы Проекта и проделанную украинскими коллегами работу.

Проект «Циклон-4» стал отправной точкой развития украинско-бразильских отношений в космической сфере и в настоящее время прорабатывается ряд других направлений двусторонней деятельности — от разработки РН и КА для Бразилии, до совместных образовательных программ.

**— Космодром Байконур и Республика Казахстан. Какие проекты мы можем осуществлять совместно? Ваш взгляд на перспективы космодрома?**

— За последние годы Республика Казахстан сделала значительный шаг на пути развития национальной космической отрасли. Реализуемые космические проекты, предусматривающие международную кооперацию, стали основой для формирования имиджа Республики Казахстан как стремительно развивающегося космического государства.

При этом, двигаясь путем новых разработок в сфере кос-

мических технологий, стоит особенно обратить внимание на объект, который на протяжении долгих лет является мировым лидером по количеству запущенных КА, а именно, космодром «Байконур». Развивая, отлаженно функционирующая инфраструктура космодрома, при условии ее поддержания и модернизации, может стать прочной основой для реализации новых перспективных космических проектов, в том числе глобальных.

Сравнительно недавно были обнародованы планы Казахстана относительно строительства собственного сборочно-испытательного комплекса для сборки и испытаний КА в весовом диапазоне до 2000 кг. Логичным продолжением этого проекта мог бы стать проект создания национальной ракеты-носителя легкого класса, что позволило бы Казахстану проводить независимую космическую политику, в том числе, выполнять коммерческие запуски на околоземные орбиты КА для иностранных заказчиков. При этом важным конкурентным преимуществом Республики Казахстан является наличие современной, действующей инфраструктуры космодрома Байконур, поскольку в космических проектах львиная доля затрат приходится именно на создание, содержание и обеспечение бесперебойной работы пусковой площадки, либо ее дорогостоящую аренду у стран-партнеров.

Конечно же, реализация столь серьезного космического проекта невозможна без привлечения компаний мировой космической отрасли с многолетним опытом. Учитывая исторические связи и дружественные отношения наших государств — Республики Казахстан и Украины, а также опыт украинских специалистов в сфере

разработки и создания космической техники, проект создания КРК вполне может стать основой для дальнейшего развития взаимовыгодного сотрудничества между нашими странами.

По моему мнению, Республика Казахстан вполне готова к переходу от предоставления услуг своего комплекса «Байконур» иностранным заказчикам к реализации собственных космических проектов. Реализация проекта создания наци-

онального казахского ракетно-космического комплекса на базе легкой РН будет благоприятно влиять на укрепление позиций Казахстана на мировом рынке, поднятие престижа государства как перспективного высокотехнологичного партнера, обладающего полным замкнутым циклом изготовления и эксплуатации космической техники, для установления и развития активного международного сотрудничества.

■ РН «Днепр»



# Half a century in the practical space exploration



**Alexander Viktorovich Degtyarev, General Designer-General Director of the Yuzhnoye State Design Office named after M.K. Yangel answers the questions of the magazine**

— Alexander Viktorovich, please tell us about the activities of Yuzhnoye State Design Office headed by you; its experience in

creation of sophisticated space systems, successful entering the world market deserves close attention.

— Yuzhnoye State Design Office is the prime Ukrainian organization and developer of space launch systems, rocket



engines and spacecraft. For over 50 years of its activities on space systems development Yuzhnoye State Design Office jointly with its cooperating companies developed more than 70 types of spacecraft, put into operation 15 space launch systems of the world level, launched into orbit 401 spacecraft of its own design. Over the years, significant scientific and technical potential has been gained, team of highly educated professionals has been trained, experimental basis for the development of traditional and new areas of space technology, which is currently used both for activities under the National Space Program of Ukraine and for international space programs, has been established.

At the end of the last century Ukrainian space industry went through difficult times when enterprises focused on the tasks of defense were forced to survive without sufficient government support in tough market conditions. Production capacities designed for the volume of orders of the former Soviet times became considerably unclaimed. The accumulated experience of specialists and high level of scientific and technological developments, which allowed enterprises to enter the global space market and to realize their developments through broad international cooperation in these conditions, have become the lifeline for the industry. Starting from 1996 «Zenit», «Dnepr» and «Cyclone» launch vehicles created by Yuzhnoye State Design Office, State Enterprise «Production Association Yuzhny Machine-Building Plant named after A. Makarov» jointly with cooperating companies have won and confidently maintain their market share.

In partnership with leading companies we have reached a new, higher level. Space technologies are one of the factors that determine the significance and



image of Ukraine in the world. In many respects through the activities of our company Ukraine belongs to the countries working actively on the development and production of rocket and space technology, space exploration.

**— One of the most successful projects, a kind of «calling card» of your State Design Office is «Zenit» space launch system. Launch vehicle successfully operates under a number of programs; many experts believe that its potential, including prospective modernization is not exhausted. What kind of upgrade options are offered by designers, which new characteristics of launch vehicle we may obtain?**

— Indeed, the family of «Zenit» launch vehicles has a special place in the developments of Yuzhnoye State Design Office. In the eighties of the previous century, on the basis of advanced technology, launch vehicles were created, made as a monoblock

scheme with high level of power performance, high reliability, high compactness layout, environmental friendliness, and what is especially worth emphasizing — the opportunity for preparation and launching in a fully automated mode. These unique characteristics allowed to develop together with Russian, American and Norwegian companies and to successfully operate for 10 years the sea-based «Sea Launch» rocket and space complex with «Zenit-3SL» launch vehicle. The further evolution of «Zenit» was its usage it in the «Land Launch» program under which technical and launch complexes of the Baikonur Cosmodrome were upgraded. Currently, three-stage «Zenit-3SLB» and «Zenit-3SLBF» launch vehicles with various upper stages have been developed; due to a number of implemented activities, launch vehicles reliability and performance have been considerably increased. The obtained characteristics resulted in

Sea Launch floating platform with «Zenit-3SL» LV



«Space Clipper»  
prospective air launch  
system

high demand for this launch vehicle (LV).

There are plans for the further modernization of «Zenit» LV: in the near future it is planned to increase payload capability of «Zenit-3SL» LV up to 6700 kg and further — up to 7000 kg for geo-transfer orbit in order to ensure the launch of the heaviest geostationary spacecraft that are being developed at present.

There are plans to expand the use of «Zenit» launch vehicle at the «Baikonur» Cosmodrome.

Currently «Energia» company is designing a new manned spaceship, which will replace «Soyuz» spaceship, which have been in

operation since the seventies and currently do not fully comply with modern requirements for manned vehicles. Flight testing of a new spaceship is supposed to be carried out at Baikonur using «Zenit» launch vehicle.

There are also plans for the longer term. At this stage certainty has matured in the world that it is time to start the interplanetary space missions. As a priority for such missions Mars and the Moon are considered. Currently neither of the space powers possesses the launch vehicle to solve such kind of challenges. Yuzhnoye State Design Office proposes the creation of a launch vehicle particularly on

the basis of «Zenit» LV. Of course, implementation of such a large-scale project will not be possible to perform by efforts of Ukraine alone, however in the framework of international cooperation, it is quite possible. The ability to create such a launcher we analyze jointly with our colleagues from the Russian Federation and Kazakhstan.

— **Development of new technology is one of the important areas. What is being created in the State Design Office today? How is the development of new directions — remote sensing satellites, main engines of the first stages, etc.?**

— «Sich-2» spacecraft launched in 2011, which was developed by Yuzhnoye State Design Office and manufactured by State Enterprise «Production Association Yuzhny Machine-Building Plant», is successfully operating for over a year in space orbit. New projects are being developed: «Sich-2M» — optoelectronic spacecraft with a resolution of 2 m, «Sich-3O» — optoelectronic spacecraft with a resolution of less than 1 m, «Sich-2RL» — radar spacecraft and other devices for Earth remote sensing missions.

At present «Space Patrol» project is also being developed. This is a global low-orbiting communication system designed not only to perform control functions, such as automatic remote monitoring of the physical condition of the person, provision of the relevant emergency information for nearby emergency services, but also to manage the processes: remote shutting off the oil and gas pipelines in case of emergency, turning on the fire protection systems etc.

New engines for the first, second and upper stages of launch vehicles with the thrust of 120 tf, 200 tf, 10 tf, 250 kgf, operating both on non-pollutant and hypergolic propellants are also being developed.

New launch vehicles of «Mayak» family are being developed; they will allow to deliver cargoes of different mass and purposes into various orbits. Aerospace complex is an innovative project of airborne launch using «Ruslan» aircraft designed by Antonov Design Agency, by means of which a launch vehicle is dropped at an altitude of 10 km and then its engine ignites to deliver a payload into low Earth orbit. Development of reusable space transportation system, space tugs and many other innovative projects is being carried out.

Without an active use of space it is impossible to solve such global problems of mankind as reduction of the probability of the Earth collision with asteroids, reduction of the near space pollution by «space debris», the fight against global climate change and against the depletion of the ozone layer of the atmosphere, lack of land resources — energy, water and food.

Ukrainian scientists and engineers are also working in these areas. For example, Ukrainian experts proposed «Ionosat» project, which is intended for studying the possibility of space weather real-time monitoring, the diagnosis of natural and technogenic disastrous events by means of low-orbit constellations of three microsatellites. Projects on removal by rocket and space technology of high level radioactive waste, which is extremely harmful to the Earth's biosphere, have been developed. Project on prevention of the collision of Earth with asteroids is proposed by Yuzhnoye State Design Office specialists.

Developments in technology and materials are carried out. Advanced technologies developed by rocket-builders to solve space problems are planned to be used in various industries.

— **International cooperation. What gave the experience of creation of stages and engines**

**for the «Vega», «Antares»? How is going on the cooperation under the «Cyclone-4» project?**

— In the present conditions of space technology development under the sophisticated space projects implementation we have chosen the path of international cooperation with leading companies of the U.S., Brazil, Europe, Asia, Russia and Kazakhstan as a main direction of the scientific-technical and production potential implementation and further development.

European office of Yuzhnoye SDO is successfully operating in Brussels; its activities allow to expand cooperation with European space companies and research organizations. Jointly with Italian company Avio, Yuzhnoye State Design Office has developed a main engine for the fourth stage of the European «Vega» launch vehicle. A new approach to products development tests has helped to minimize the cost of ground development tests. Furthermore, the first engine flight test was carried out during the commercial launch. The results obtained by the customer during

the test were phenomenal. During the works implementation Yuzhnoye State Design Office specialists showed a high level of professionalism that met the most positive feedback from the customer representatives.

The «Antares» program is, primarily, another international project which like the «Sea Launch» became the «calling card» of Yuzhnoye State Design Office. Under the «Antares» program Yuzhnoye is responsible for developing, testing and putting into operation of the «Antares» LV first stage and Ground Technological Equipment main design. However, our company has contributed into this international program much more than documentation and equipment — it is more than 50 years of experience in the development and operation of space rocket systems. Our American partners from Orbital Sciences Corporation, in turn, made the «Antares» program management system fast and flexible considering the schedule of work implementation and delivery performance, the most effective considering cost control and maximally close to NASA

First stage of the Antares launch vehicle





«Zenit-3SL» LV standard. This partnership and synergy between the two companies with different experience, but a common purpose, will allow us to react promptly and adapt to the rapidly changing space business environment. Even now, knowing the capabilities of our companies, we consider the expansion of the existing cooperation and periodically discuss new directions of joint activities.

Implementation of the joint Ukrainian-Brazilian project «Cyclone-4» is in full swing. Thus, at the present time construction work at the Alcantara Launch Site are being completed; installation and adjustment of ground technological equipment of launch site is beginning. As for «Cyclone-4» launch vehicle, at this point release of operational documentation is completed, ground tests of launch

vehicle components and systems are being carried out, production of launch vehicle components for flight tests has been started. The first launch of «Cyclone-4» launch vehicle from Alcantara Launch Site is scheduled for the end of 2013.

Promotion of the Project implementation is carried out by the governments of Ukraine and Brazil. Thus, the «Cyclone-4» project was identified by Cabinet of Ministers of Ukraine as a prior direction of the Ukrainian high-tech industries development. In September 2012, Konstantin Grishchenko, Ukrainian Foreign Minister, and later, Viktor Yanukovich, President of Ukraine, who headed the government delegation, visited Yuzhnoye State Design Office and Yuzhny Machine-Building Plant. They have expressed satisfaction with the

Ukrainian rocket-developers and a willingness to support international projects implementation.

In Brazil it became possible to make significant progress on the Project after the assignment of Marco Antonio Raupp, at first, as President of the Brazilian Space Agency (BSA), and later — as Minister of Science, Technology and Innovations. During two visits to Ukraine Mr. Marco Antonio Raupp familiarized with space enterprises of Ukraine, visited the production facilities of Yuzhny Machine-Building Plant and the so-called «Sukhoi Cosmodrome» in PJSC «Dneprotvazhmash», and then praised the prospects of the project and work done by the Ukrainian colleagues.

The «Cyclone-4» program became the starting point for the development of the Ukrainian-

Brazilian cooperation in space domain, and at the present time a number of other areas of bilateral activities is being studied: from works on LV and SC development for Brazil, up to joint educational programs implementation.

— **Baikonur Cosmodrome and the Republic of Kazakhstan. What kind of projects we can implement together? Your view on the prospects of Cosmodrome.**

— Over the recent years the Republic of Kazakhstan has made a significant contribution to the development of the national space industry. Space projects, which are being implemented, that involve international cooperation became the basis for the formation of the image of the Republic of Kazakhstan as a rapidly developing space country.

At the same time by taking the path of new developments in the field of space technology, it is worth to pay attention to the object, which for many years has been a world leader in the number of launched spacecraft, namely, «Baikonur» Cosmodrome. Developed, well-functioning infrastructure of Cosmodrome, provided its maintenance and modernization, may become a firm basis for the implementation of the new prospective space projects, including the global ones.

Relatively recently the plans of Kazakhstan on the construction of its own Assembly Integration and Test Facility for assembling and testing of spacecraft with the weight up to 2000 kg have become public. A logical extension of this project could become a national project on light class launch vehicle development, which will allow Kazakhstan to carry out an independent space policy, including commercial launches of satellites into orbit for foreign customers. An important competitive advantage of the Republic of Ka-



«Zenit-3SLB»  
LV launching  
from Baikonur  
Cosmodrome

zakhstan is the availability of a modern, active infrastructure of Baikonur Cosmodrome, since the major share of the space projects cost falls on the creation, maintenance and ensuring the smooth operation of launch site or its expensive lease from the partner countries.

Of course, the implementation of such a serious space project is not possible without participation of the global space industry companies that have many years of experience. Taking into account historical ties and friendly relations of our countries — the Republic of Kazakhstan and Ukraine, as well as the experience of Ukrainian specialists in the design and development of space technology, the space launch system development project may become the

basis for the further development of cooperation between our countries.

In my opinion, the Republic of Kazakhstan is quite ready for transition from provision of «Baikonur» complex services to foreign customers to implementation of their own space projects. Project implementation on the Kazakh national space launch system development on the basis of light class launch vehicle will favorably influence on the strengthening of Kazakhstan's position in the world market, the raising of the country prestige as a promising high-technology partner, which has a complete closed cycle of space technology manufacturing and operation, for the establishment and development of active international cooperation. ■

# Большой казахстанский телескоп — каким он будет?

## Жумабек ЖАНТАЕВ

доктор ф.м.наук, академик КазАЕН,  
президент АО «Национальный центр космических  
исследований и технологий», Алматы, Казахстан

## Чингис ОМАРОВ

кандидат ф.м.наук, директор Астрофизического института  
им. В.Г.Фесенкова АО «НЦКИТ», Алматы, Казахстан

## Рашит ВАЛИУЛЛИН

кандидат ф.м.наук, зам.директора Астрофизического института  
им. В.Г.Фесенкова АО «НЦКИТ» Алматы, Казахстан

### Оптическая схема

Оптическая схема телескопа, основанная на систе-



ме Ричи-Кретьен со светосилой (F/D), равной 9, включает первичное вогнутое и вторичное выпуклое гиперболические зеркала. В такой базовой конфигурации почти полностью устранена сферическая аберрация и кома. Из-за большого размера поля зрения (10 угловых минут), между вторичным зеркалом и фокальной плоскостью добавлен оптический Корректор Плоского Поля. Этот корректор предназначен главным образом для выравнивания поля. Оптическая схема корректора включает в себя 3 линзы.

Оптическая схема телескопа, включая систему Ричи-Кретьена и корректор плоского поля, обеспечивает при диаметре главного зеркала 3,6 метра и фокусном расстоянии 32,4 метра светосилу, равную 9.

Зеркала М1 и М2 будут изготовлены из стеклокерамики. Зеркало М1 будет поддерживаться системой активной разгрузки; зеркало М2 снабжено пассивной разгрузкой.

Система зеркала М2 будет подсоединена к 5-ти осевому механизму (гексаподу). Этот

механизм будет управляться дистанционно и, в основном, будет использоваться для коррекции фокуса при вариациях температуры и угла восхождения. Гексапод будет использоваться для тонкой юстировки М2 относительно М1.

Корректор поля (триплет) будет установлен перед фокусом Кассегрена для уменьшения астigmatизма и кривизны поля. Он оптимизирован для работы в видимой и ближней инфракрасной области спектра с возможностью перефокусировки для используемых научных инструментов с целью обеспечения оптимального качества изображения в широком спектральном диапазоне.

Оптическая система телескопа близка к дифракционному пределу и позволяет в видимом и ближнем ИК диапазоне получить 50% потока от точечного источника в круге с диаметром 0,3» и 80% — в круге с диаметром 0,5».

### Конструкция телескопа

Телескоп классического альт-азимутального типа и со-

стоит из следующих основных компонентов:

- Трубы с жесткой центральной частью с главным 3,6-метровым зеркалом M1 и вспомогательным зеркалом M2. Конструкция — по классической схеме фермы Серюрье (Serrurier truss).

- Горизонтальной оси, смонтированной на вилочной монтировке, которая, в свою очередь, крепится на азимутальную ось.

Адаптер-ротатор Кассегрена включает в себя блок автоматического ведения телескопа и сенсор волнового фронта. Вынос фокуса равен 2,03 метра — без корректора и 0,6 метров — с корректором.

Максимальная скорость вращения вокруг азимутальной оси равна 2 град/сек.

Качество ведения соответствует качеству изображения, получаемого на телескопе.

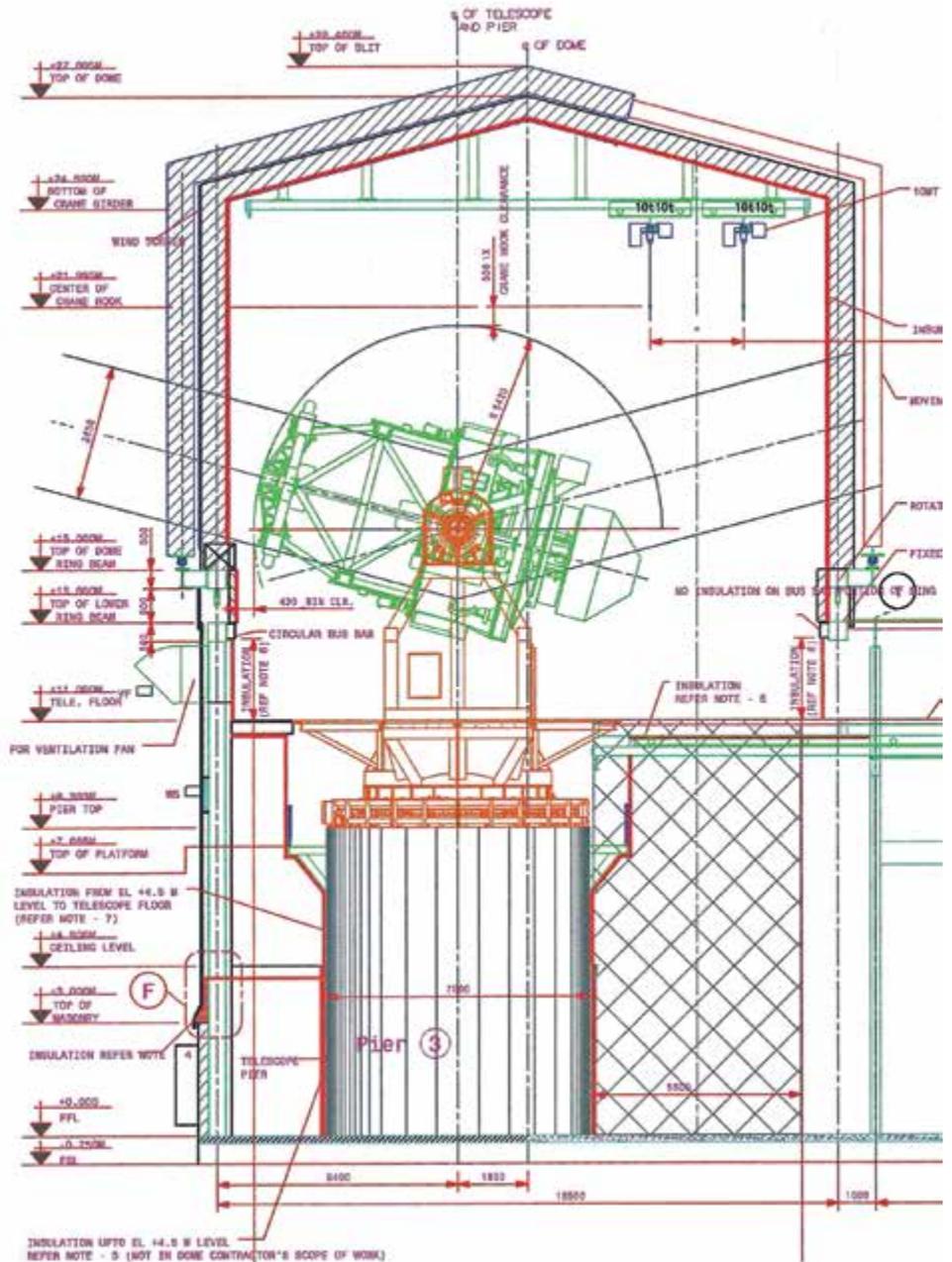
Наличие «слепого пятна» в зените является известным недостатком альт-азимутальных телескопов и составляет примерно 1 градус дуги.

**Инструментальная схема в фокусе телескопа**

В Кассегреновском фокусе телескопа можно будет установить либо спектрограф с высокой разрешающей способностью, либо ПЗС-камера большого размера. Спектрограф предполагается установить кросс-дисперсионного типа с разрешающей способностью 90000. Спектр будет анализироваться 2D ПЗС-камерой, охлажденной до температуры примерно — 100° С. ПЗС-камера будет адаптирована для поля зрения размером в 10 минут дуги.

**Купол телескопа**

Купол телескопа будет иметь следующие характеристики:



- Верхнее отверстие будет достаточно широким, чтобы через него можно было ввести телескоп при его установке.

- Телескоп будет полностью помещаться внутри закрытого купола, ничего при этом не касаясь.

- Под куполом будет установлен подъемный механизм.

- Будут предусмотрены механизмы для демонтажа зеркала во время работ по восстановлению отражающего покрытия.

- Купол будет оснащен кондиционером и термически изолирован.

**Система управления**

Телескоп будет управляться специальным аппаратным оборудованием и с помощью специального программного обеспечения.

Система Контроля Наблюдений (OCS, Observatory Control System) состоит из

веб-сервера и двух персональных компьютеров. Компьютеры будут подключены друг к другу и к другим компьютерам, описанным ниже, посредством локальной сети стандарта Ethernet. С этих консолей можно будет иметь доступ к звездному каталогу для выбора участка неба для наблюдений, а также отправлять команды на Блок Управления Телескопом (TCS, Telescope Control System). Также есть возможность управлять ПЗС-приемником и просматривать снимки с ПЗС-камеры.

Блок Управления Инструментами (ICS, Instrument Control System) включает в себя два персональных компьютера с операционной системой Linux. Эти компьютеры соединены с ПЗС-приемником.

Блок Управления Телескопом (TCS, Telescope Control

System) состоит из промышленного компьютера, соединенного с контролером движения, GPS приемником, контроллером гексапода вспомогательного зеркала M2 и одним логическим программируемым контроллером (PLC, Programmable Logic Controller). Контроллер движения управляет точным позиционированием осей (высота, азимут, обратное вращение, блок авто-гидирования). Остальные оси управляются через PLC.

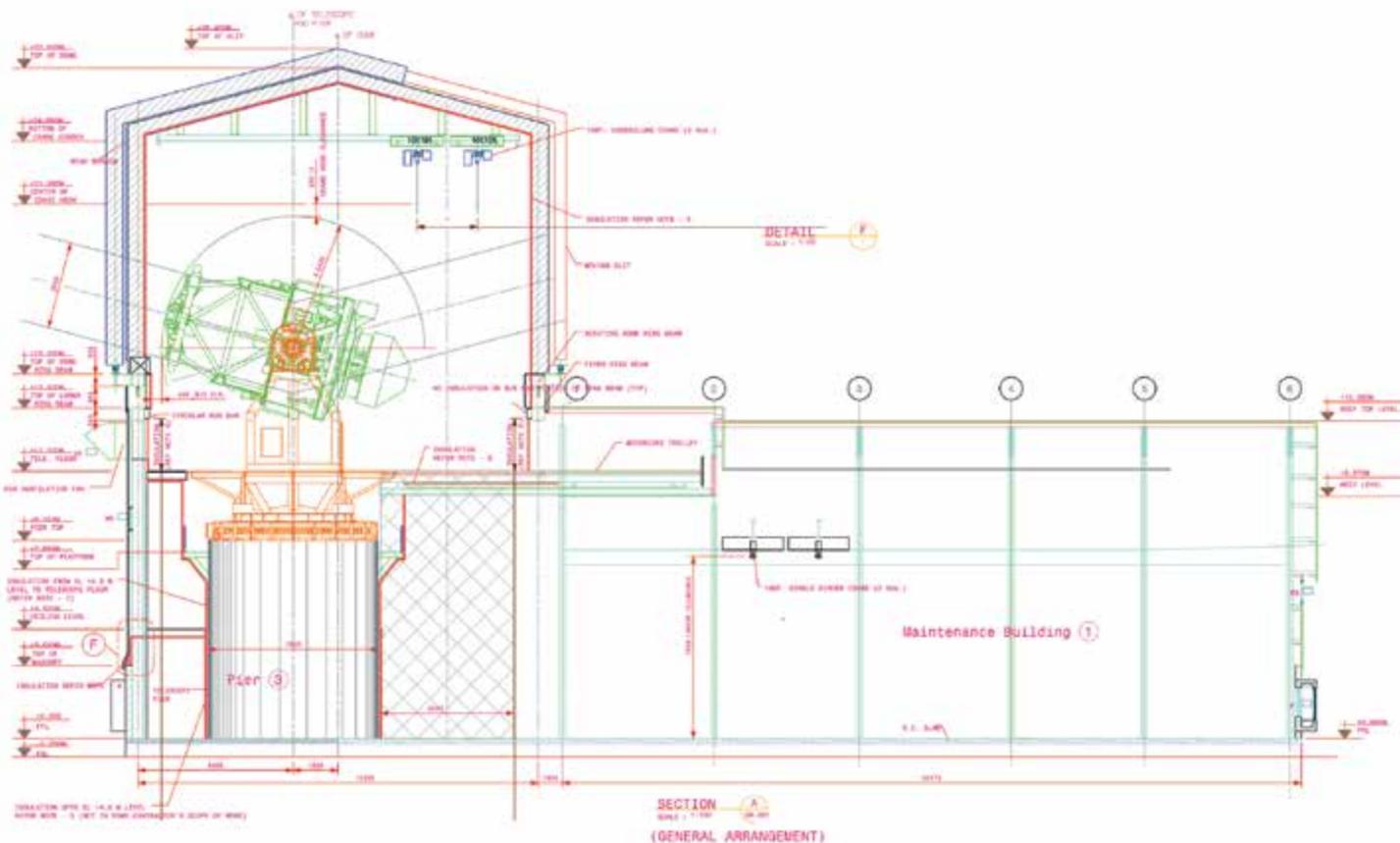
Механизм вспомогательного зеркала M2 используется для юстировки зеркала M2 при вводе телескопа в эксплуатацию. Сенсор волнового фронта (WFS), расположенный в датчике AGU, подает сигнал, который обрабатывается компьютером TCS. Этот компьютер посылает команду для фокусирования котроллеру вспомо-

гательного зеркала M2 через последовательный порт.

PLC управляет вспомогательными осями телескопа, вращением купола и открытием купольного затвора. Две последние функции относятся к блоку управления куполом (Dome Control System).

Для синхронизации вращения купола с азимутальной осью, положение азимута считывается с компьютера TCS по локальной сети.

Другой PLC управляет системой кондиционирования воздуха (для охлаждения телескопа в течение дня), модулем жидкостного охлаждения (для охлаждения температуры кабины в течение ночи) и вентиляцией телескопа (для отвода воздуха в течение наблюдений). Он подсоединен к метеостанции через последовательный порт.



Приемник GPS используется для получения всемирного времени с точностью 100 нсек и непосредственно подключен к компьютеру TCS.

### Сборка, подключение и тестирование

Механическая сборка и подключение подсистем будет осуществляться в помещении фирмы AMOS для проверки всех интерфейсов перед транспортировкой.

Затем функциональные и некоторые тесты работоспособности телескопа будут проводиться либо на фирменном производителе, либо непосредственно на месте установки телескопа. Целью этой стадии является сведение к минимуму риска после установки телескопа на месте и сокращение времени ввода его в эксплуатацию.

### Проектирование и дизайн обсерватории

Обсерватория будет проектироваться фирмой AMOS в соответствии с выбранным местом для установки телескопа после получения соответствующего официального решения от казахстанской стороны.

Фирмой AMOS будут выполнены следующие работы:

- Архитектурный, общий и детальный чертежи, расчет зданий.
- Расчеты и чертежи электрических сетей, водоснабжения, вентиляционных систем, освещения, канализационных систем и т.д.
- Отслеживание строительства здания.

### Башня телескопа и вспомогательные постройки

Башня телескопа предназначена для поддержания купола. Внутри башни те-

лескоп устанавливается на бетонной колонне, изолированной от конструкции башни.

Вспомогательные постройки необходимы для обслуживания монитора видимости и автоматической метеостанции.

Также будут предусмотрены помещения для технического обслуживания телескопа с небольшой мастерской, моющим отсеком и камерой для алюминирования зеркал.

Операторная комната, прилегающая к башне телескопа, будет включать в себя две комнаты для астрономов, ванную и кухню.

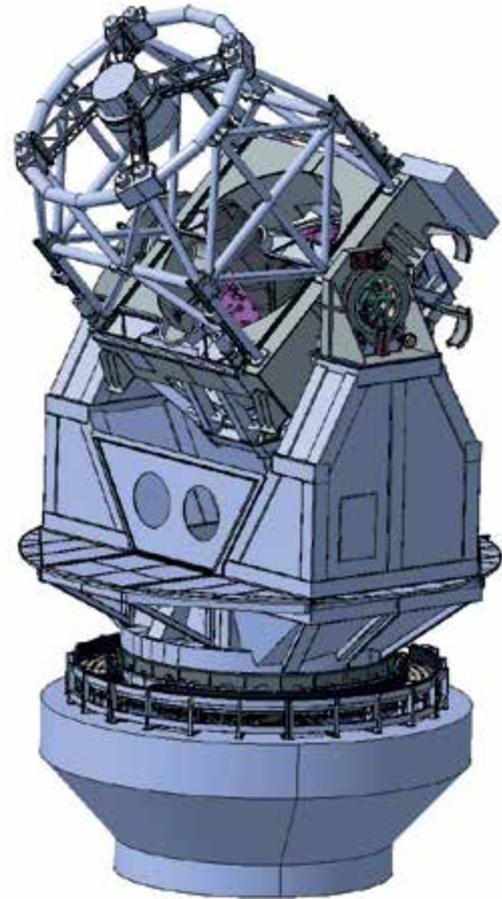
Фирма AMOS предоставляет все специальное оборудование для помещений (метеостанцию, компьютер для операторной комнаты с программным обеспечением, оборудование для подъемного механизма, инструменты).

Обычное оборудование и оборудование для башни телескопа и дополнительных построек (кондиционер, электроприборы, водоснабжение, освещение, канализация, стоянка ...) не входит в сферу услуг AMOS.

### Мощный блок

Блок очистки будет состоять из круговой чаши (SS304) диаметром 4500мм и высотой 500мм с плоским дном, укрепленным жестким бортом. Центральное отверстие зеркала будет закрыто надувной пробкой, что обеспечит герметичность конструкции во время очистки.

Конструкция мощного блока позволяет заливать зеркало кислотой для удаления предыдущего покрытия. Через определенное время центральная надувная пробка будет спущена, что позволит кислоте вытечь из зеркала в специальную емкость.



### Блок алюминирования зеркала

Данный блок представляет собой круговую вакуумную камеру, изготовленную из нержавеющей стали с вертикальной осью, оснащенной подвижной верхней чашей. Система вакуумной откачки будет состоять из системы грубой откачки и последующей турбомолекулярной откачки. Эта система будет моторизована таким образом, что зеркало сможет вращаться вокруг оси внутри вакуумной камеры во время нанесения покрытия. Верхняя чаша будет поддерживать систему нанесения покрытия, состоящую из двух катодов магнетронного распыления и сопутствующего источника, который будет установлен вдоль радиуса вакуумной камеры. ■

# КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МЕСТ ОБИТАНИЯ АЗИАТСКОЙ САРАНЧИ В КАЗАХСТАНЕ

**МУРАТОВА Н.Р., ЦЫЧУЕВА Н.Ю.**

Институт космических исследований  
им. академика У.М. Султангазина АО НЦКИТ НКА РК

**КАМБУЛИН В.Е.**

Институт карантина и защиты растений  
МСХ РК АО КазАгроИнновация

050010 Казахстан, г. Алматы, ул. Шевченко 15, тел. 8-7272-694554,  
E-mail: nmuratova@mail.ru, n-tsychuyeva@yandex.ru

Объектом исследования являются места обитания стадных видов саранчовых на территории Казахстана. Целью исследований является создание технологии космического мониторинга очагов массового размножения азиатской саранчи. В качестве основной методологии выбрано восстановление по данным спутниковых измерений физических характеристик поверхности, важных для экологии насекомых — биомасса и тип растительности, увлажнение земной поверхности.

**Ключевые слова:** азиатская саранча, тростники, ДДЗ, ГИС, южное прибалхашье.

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы защиты урожая сельскохозяйственных культур от саранчовых не становятся менее актуальными для Казахстана. В последние годы во многих регионах фитосанитар-

ная обстановка обострилась в связи с массовым размножением и дальними миграциями насекомых. Особую опасность для всех сельскохозяйственных угодий представляют стадные виды саранчовых — итальянская (*Calliptamus italicus*), мароккская (*Doclostaurus maroccanus*) и азиатская (*Locusta migratoria*) саранча. Все три вида имеют территории периодических массовых размножений, перекрывающие государственные границы с сопредельными странами.

Наиболее крупные гнездилища перелетной азиатской саранчи в Казахстане — Балхаш-Алакольское, Сырдарьинское, тростниковые заросли в Западно-Казахстанской области (система Камыш-Самарских озер), в Атырауской области (низовья реки Орал, побережье Каспийского моря). Менее крупные очаги находятся в районе Иргиза (Актюбинская область), озера Зайсан (Восточно-Казахстанская область).

Резервациями азиатской саранчи являются расположенные среди массивов густых тростников возвышенные участки с легкими песчаными и супесчаными почвами, покрытые относительно редким тростником и луговыми травами, преимущественно вейником, пыреем и некоторыми другими злаками. Нередко резервацией стадной азиатской саранчи оказываются сухие русла протоков, днища пересохших небольших озер и других водоемов, находящихся среди густых зарослей тростника, а также участки с редким растительным покровом по окраинам тростниковых массивов.

Мониторинг гнездилищ стадных видов саранчовых в Казахстане с 2003 года осуществляется Республиканским методическим центром фитосанитарной диагностики и прогнозов, который фиксирует итоги мониторинга и оперативных противосаранчовых обработок. Многолетний опыт борь-



**Рисунок 1 —**  
Нижне-илийский очаг  
Балхашского  
гнездилища

бы с саранчовыми продемонстрировал, что инсектицидные воздействия на вредителей не всегда снижают их численность до экономически безопасного уровня. По результатам наземных наблюдений, за последнее десятилетие в Казахстане отмечалось две волны подъема численности азиатской саранчи, связанные с изменениями уровней воды в наиболее крупных водоемах гнездилищ в 2001 и 2009 годах [1].

Вышеперечисленные обстоятельства определили экономическую необходимость усиления системы мониторинга и регулирования численности саранчовых. Учитывая огромные размеры территории Казахстана, наземный традиционный мониторинг целесообразно было дополнить возможностями использования космических съемок. Совместные исследования ученых Института защиты и карантина растений и Университета штата Вайоминг, США продемонстрировали перспективность их использования для мониторинга азиатской саранчи в нижне-илийском очаге Балхашского гнездилища [2].

В связи с этим в рамках работ по проекту «Создать комплекс технологий раннего об-

наружения, диагностики и контроля развития болезней и вредителей зерновых культур на основе данных ДЗЗ» республиканской бюджетной программы 002 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности» на 2008 год большое внимание уделено разработке спутниковых технологий картирования мест постоянного обитания и массового размножения азиатской саранчи. Работоспособность технологий проверялась на обширных площадях правого и левого берега реки Или, вплоть до побережья озера Балхаш.

При разработке критериев дистанционной диагностики привлекались наземные наблюдения и космоснимки различного пространственного разрешения, по которым выделялись основные классы растительности, являющейся средой обитания и размножения саранчи; определялись критерии дистанционной диагностики условий массового размножения саранчи. Границы территории исследования — Балхашский административный район Алматинской области — показаны на рисунке 1. Выбор целого административного района связан с возмож-

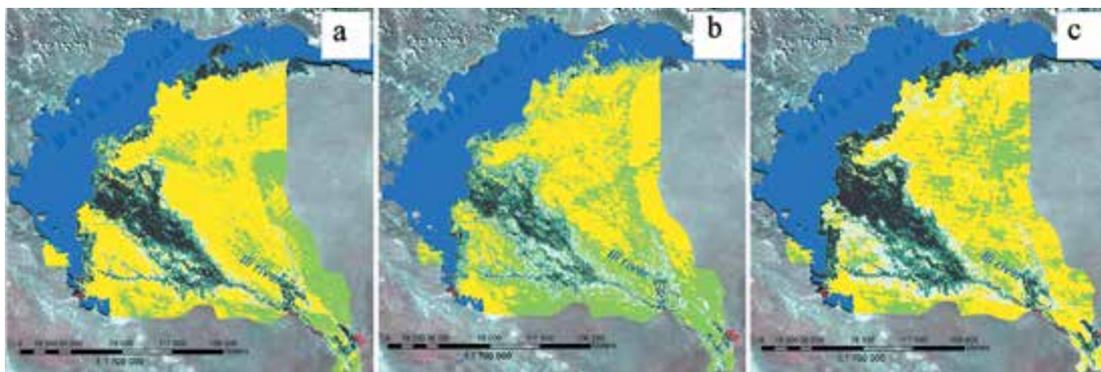
ностью совмещения результатов исследований с официальной статистикой.

Большая часть территории района занята слабонаклонными аллювиально-озерными равнинами с бугристо-грядовыми эоловыми песками. Здесь протекает река Или с широкой дельтой. В пойме реки произрастают тростники и рогоз, а также характерные для пустынных рек Средней Азии тугайные леса, в основном состоящие из зарослей деревьев и кустарников (туранга, ива, тамарикс, лох, чингиль и др.), обвитых лианами (ломонос, калистегия), в покрове — тростник, вейник, пырей.

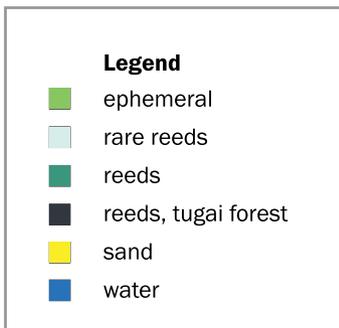
## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Космические снимки

В качестве основного инструмента для космического мониторинга численности саранчовых на территории Казахстана выбрана спутниковая система TERRA/MODIS с пространственным разрешением от 250 м до 1000 м и полосой захвата более 2000 км, что позволяет получать ежедневные материалы на площадь исследуемого региона. За вегетационный период с мая по сентябрь 2005-2011 годов были отобраны по принципу отсутствия облачного покрова кос-



**Рисунок 2** —  
Результаты  
классификации  
границ распространения  
тростниковой и другой  
растительности  
южного Прибалхашья  
в 2009 (а), 2010 (в) и  
2011 (с) гг.



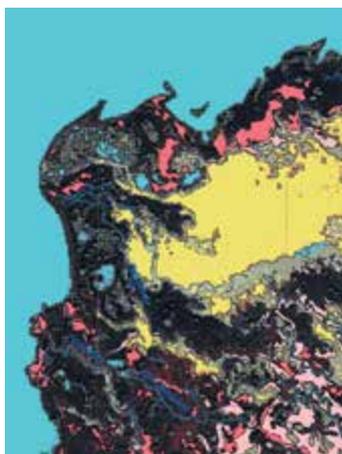
мические снимки для террито-  
рии исследования (рис.2). Это  
данные 2-го ближнего инфра-  
красного канала MODIS за 14  
мая, 7 июля и 5 сентября 2005  
года; 16 мая, 22 июля и 9 сентя-  
бря 2006 г.; 22 мая, 22 июля и 5  
сентября 2007 г.; 8 мая, 13 июля  
и 9 сентября 2008 г.; 10 мая, 22  
июля и 3 сентября 2009 г.; 25  
мая, 11 июля и 6 сентября 2010  
г.; 23 мая, 10 июля и 3 сентя-  
бря 2011 г. На основе этих дан-  
ных были построены мультив-  
ременные RGB-композиционные  
снимки (Red — данные кос-  
мической съемки в сентябре,

Green — в июле, Blue — в мае)  
на каждый год исследования.

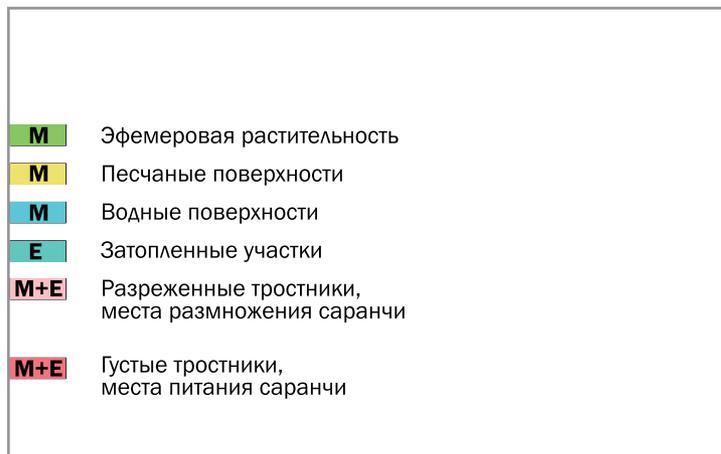
### Классификация на осно- ве космоснимков MODIS

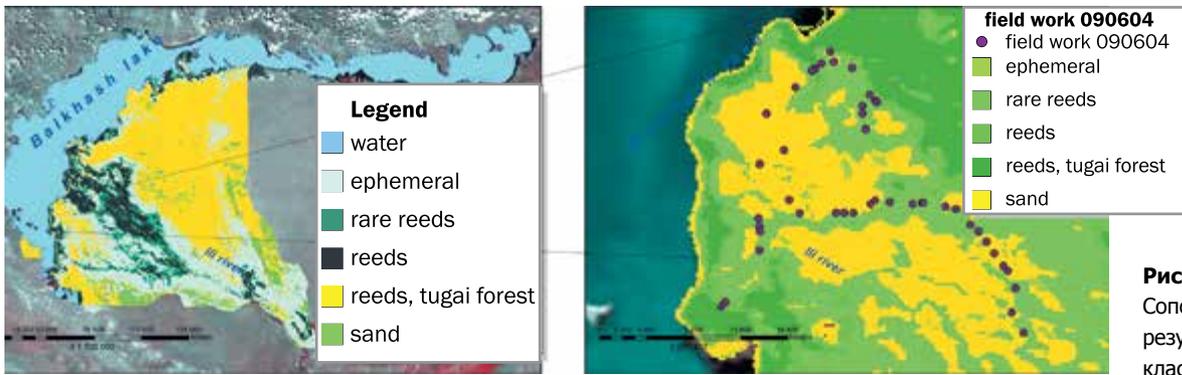
Процедура автоматиче-  
ской классификации компо-  
зитных снимков MODIS прово-  
дилась с использованием алго-  
ритма Isodata. Алгоритм позво-  
ляет задавать параметры, кото-  
рые используются для после-  
дующего распознавания спек-  
тральных образов и реализации  
метода кластеризации на осно-  
ве пороговых процедур. При  
этом первоначальные разбие-  
ние кластеров программа вы-  
полняет на основе анализа ги-  
стограммы распределения яр-  
кости, построенной по синте-  
зированному снимку. В резуль-  
тате выделенные по компози-  
тным снимкам MODIS итоговые  
кластеры представляют собой  
классы наиболее крупных  
ландшафтных единиц данной  
территории, такие как:

- 1) водные поверхности;
- 2) песчаные поверхно-  
сти — в этот класс включены  
барханы, солончаковые пусто-  
ши, сухие русла рек и каналов.  
В весеннее время на этой тер-  
ритории развивается эфемер-  
ная растительность, также  
произрастают редкие кусты та-  
марикса;
- 3) разреженные трост-  
ники — класс включает в себя  
территории с тростниковой  
растительностью со средним  
проективным покрытием, по-  
лупустынной растительно-  
стью, закрепленные барханы;
- 4) тростники — класс  
характеризует сомкнутые вы-  
сокие тростники, рогоз, а так-  
же растительность затоплен-  
ных территорий,
- 5) тугайные леса и  
тростники — класс кустарни-  
ковой растительности и зар-  
ослей тростника, вместе об-  
разующие непроходимые зар-  
осли.



**Рисунок 3** —  
Карта экспертной (Е)  
дешифровки площадей  
густых и редких  
тростников  
по космоснимку  
IRS/LISS внутри  
классов автоматической  
классификации  
данных MODIS (М).  
Участок Балхашского  
района





**Рисунок 4** — Сопоставление результатов классификации с данными наземных наблюдений кулиг саранчи в июне 2009 г.

6) эфемерная растительность — растительность, развивающаяся в короткий весенний период. На рисунке 2 приведены результаты классификации для разных годов.

**Верификация данных**

До сбора данных наземных наблюдений мест обитания азиатской саранчи результаты проведенной классификации космоснимков среднего разрешения MODIS (250 м) были совмещены с космоснимками высокого разрешения IRS/LISS (23м), а также векторными слоями топографической карты масштаба 1:200000 (1980 года выпуска) в среде ГИС. Это позволило через спутниковую маску тростников, построенную в результате

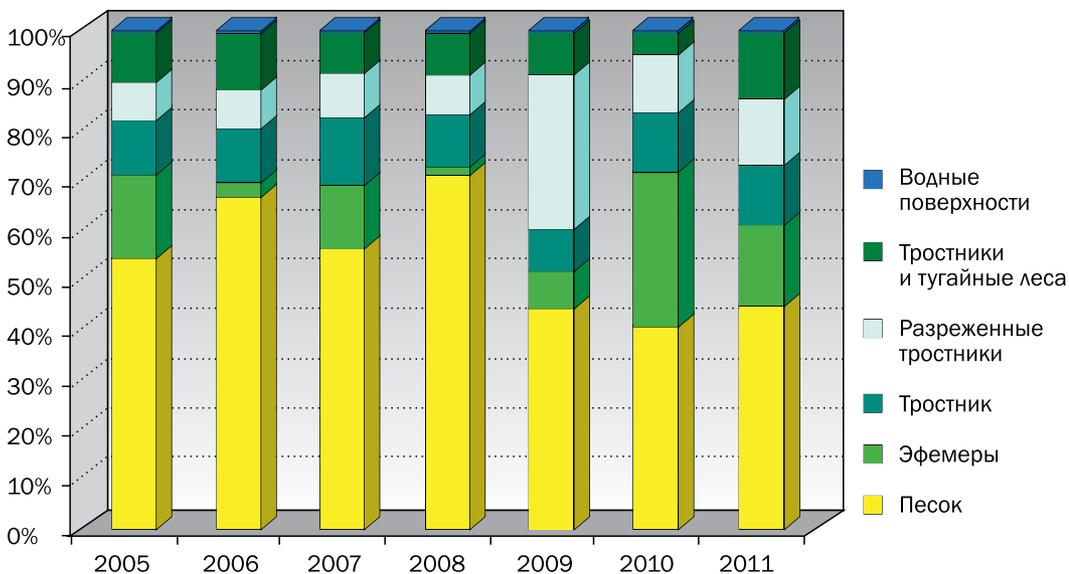
классификации композитных снимков MODIS, уточнить границы классов разреженных и густых зарослей тростников. Эти классы являются территориями, подходящими для отрождения личинок и питания взрослых особей саранчи соответственно (рис. 2).

Верификация результатов проведенной классификации космоснимков среднего разрешения MODIS и наблюдения за азиатской саранчой проводилась в вегетационный сезон 2009 г. В этих целях в июне осуществлены маршрутные выезды на территорию отрождения и питания саранчовых в Балхашском районе Алматинской области. На этой территории осушенная часть побережья и дельты представляет собой

наиболее подходящие места для откладки кубышек и развития личинок младших возрастов. При этом личинки старших возрастов и взрослые постепенно перемещаются к бордюрным зарослям тростника, где заканчивают питание.

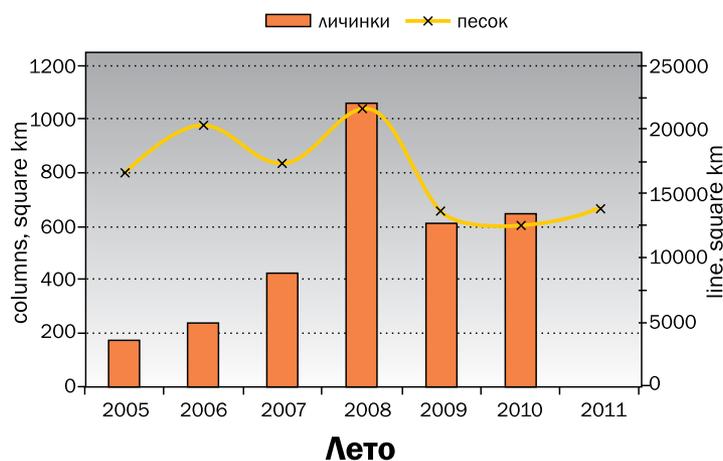
Наблюдения за саранчовыми включали описание ландшафтных характеристик (рельефные особенности, тип почвы, доминанты растительности), координаты GPS-съемки, фазы развития и возраст обнаруженных особей саранчи. Всего было обследовано 40 участков. Места их расположения представлены на рисунке 4.

Проверка дешифровочных признаков по мест обитания саранчовых по результатам тематической обработки данных



**Рисунок 5** — Динамика изменения площадей различных классов MODIS

**Рисунок 6** —  
Изменение площади классов подстилающей поверхности по ДДЗ и обнаруженных личинок саранчи по наземным данным (официальные данные территориальной инспекции в агропромышленном комплексе Министерства сельского хозяйства Казахстана по Балхашскому району)



ДДЗ подтвердила основные критерии распознавания этих территорий. Точность оценки классов следующая: 92% совпадение класса разреженных тростников, 100% — класс сомкнутых тростников и 94% точность определения песчаных поверхностей.

Совпадение точек с обнаруженной саранчой и классом разреженных тростников подтвердило правильность первоначальной гипотезы о влиянии распространения тростниковой растительности на численность саранчи.

### АНАЛИЗ ДАННЫХ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Процентное соотношение площадей различных классов подстилающей по-

верхности по результатам классификации космических снимков MODIS для периода с 2005–2011 гг. показана на рисунке 5.

Для анализа динамики численности саранчовых (официальная статистика территориальной инспекции в агропромышленном комплексе Министерства сельского хозяйства Казахстана по Балхашскому району) в зависимости от распространения тростниковой растительности и увлажненности территорий проведено совмещение площадных характеристик тростниковой растительности и водных поверхностей в весенний период, и песчаных территорий в летний период, когда идет яйцекладка (рис. 6).

Как видно из графиков на рисунке 9, прямой зависимости между количеством обнаруженной саранчи и динамикой площадей различных классов подстилающей поверхности нет, в силу того что на увеличение численности саранчовых также влияет ряд неучтенных факторов (заселенность кубышками, площадь обработки химикатами предшествующего года). Однако, можно констатировать, что есть зависимость между постепенным увеличением площади песчаных поверхностей и ростом численности вредителей в 2007 и 2008 годах. В 2009 году отмечается резкое сокращение численности саранчи, одновременно с этим фиксируется уменьшение песчаных поверхностей. Увеличение площади озер и подъем грунтовых вод в 2010–2011 годах вызвало частичное затопление отложенных в 2009 году кубышек.

Полевая проверка дешифровочных признаков подтвердила основные критерии распознавания мест обитания вредителей по данным космической съемки. Критериями дистанционной диагностики среды обитания и условий размножения азиатской саранчи являются изменения водного режима гнездилищ (осушка мелких водных объектов) и площадей тростниковых ассоциаций. Задача картирования местообитания саранчовых по данным космической съемки состоит в выделении классов тростниковых зарослей, песчаных массивов и водных зеркал по данным космической съемки среднего и высокого разрешения. На основе полученных результатов разработаны возможные сценарии развития саранчовых на конкретных ландшафтах с учетом их зависимости от погодных условий текущего и предшествующих годов.





# Anatomy of a navigation satellite

**S**atellites are high-performance machines, designed to work perfectly for years. The Galileo satellites and especially their navigation payloads incorporate numerous to perform their job over their 12-year design life:

- **L-band antenna** Transmits the navigation signals in the L-band.

- **Search & rescue antenna** Picks up distress signals from beacons on Earth and transmits them to a ground station for forwarding to local rescue services.

- **C-band antenna** Receives signals containing mission data from uplink stations. These include data to synchronise the onboard clocks with a ground-based reference clock and integrity data that contain information about how well each satellite is functioning. This integrity information is incorporated into the navigation signal for transmission to users.

- **Two S-band antennas** Part of the telemetry, tracking and command subsystem. They transmit housekeeping data about the satellite platform and payload to Galileo's ground control segment and, in turn, receive commands to control the satellite and operate the payload. The S-

band antennas also receive, process and transmit ranging signals that measure the satellite's altitude to a few metres.

- **Infrared Earth sensors** and

- **visible light Sun sensors** These keep the satellite pointed at Earth. The infrared Earth sensors detect the contrast between the cold of deep space and the heat of Earth's atmosphere. The Sun sensors are visible-light detectors that measure the angle to the Sun.

- **Laser retroreflector** Allows the measurement of the satellite's distance to within a few centimetres by reflecting a laser beam shone from a ground station. The reflector will be used only about once a year, because altitude measurements via S-band antenna are otherwise accurate enough.

- **Space radiators** Radiate excess heat to deep space, maintaining onboard electronics within their operational temperature range.

- **Passive hydrogen maser clock** The master clock on the satellite. Two are flown for redundancy. This atomic clock uses the ultra-stable energy oscillations of a hydrogen atom to measure time to within 0.45 nanoseconds over 12 hours.

- **Rubidium clock** An atomic clock based on a different technology, ensuring redundancy



to the masers. It is accurate to within 1.8 nanoseconds over 12 hours.

- **Clock monitoring and control unit** Provides the interface between the four clocks and the navigation signal generator unit. It also ensures that the frequencies produced by the master clock and active spare are in phase, so that the spare can take over instantly should the master clock fail.

- **Navigation signal generator unit** Generates the navigation signals using input from the clock monitoring and control unit and the uplinked navigation and integrity data from the C-band antenna. The navigation signals are converted to L-band for broadcast to users.

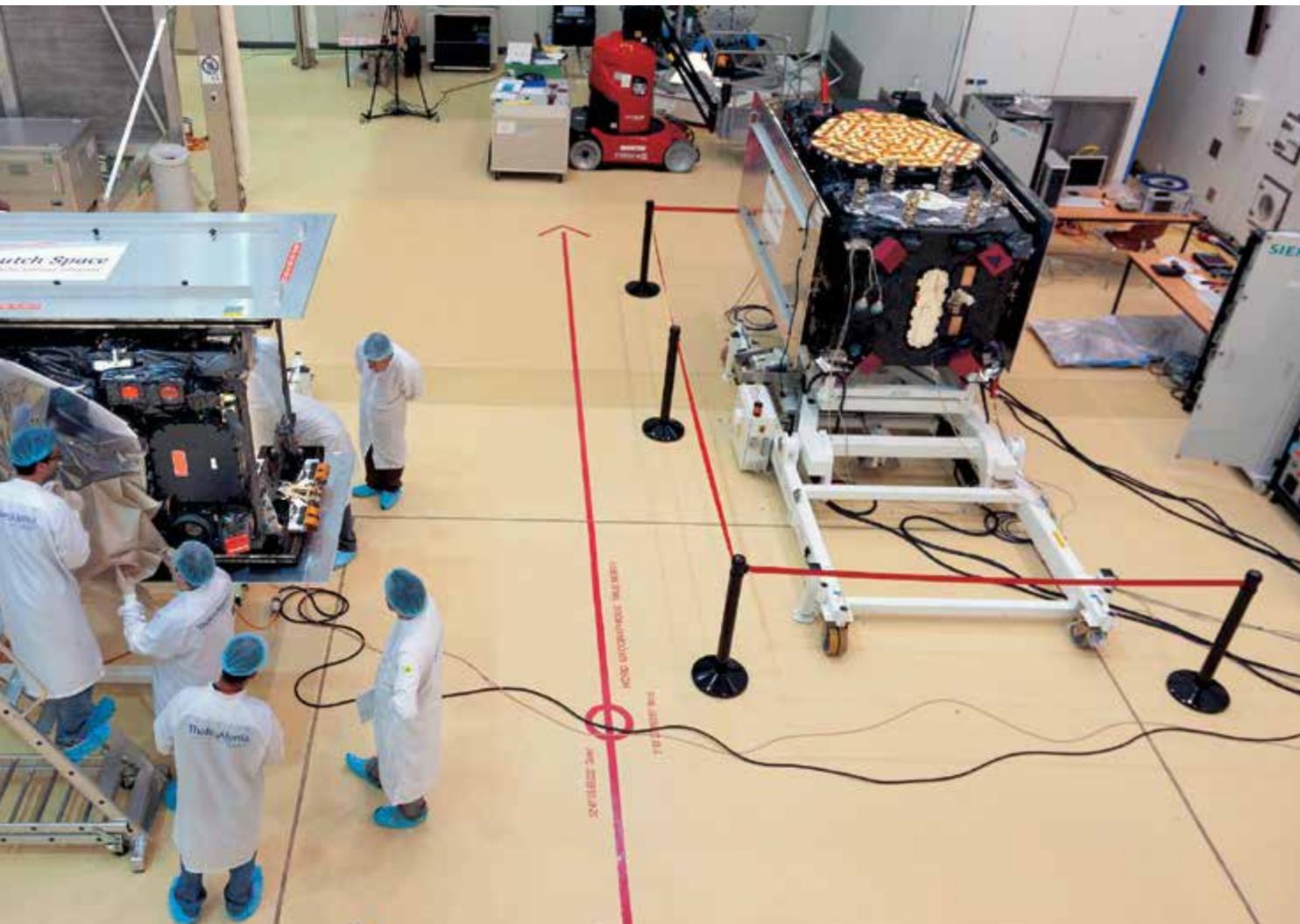
- **Gyroscopes** Measure the rotation of the satellite.

- **Reaction wheels** Control the rotation of the satellite. When they spin, so does the satellite, in the opposite direction. The satellite rotates twice per orbit to allow the solar wings to face the Sun's rays.

- **Magnetotorquer** Modifies the speed of rotation of the reaction wheels by introducing a magnetism-based torque (turning force) in the opposite direction.

- **Power conditioning and distribution unit** Regulates and controls power from the solar array and batteries for distribution to all the satellite's subsystems and payload

- **Onboard computer** Controls the satellite platform and payload.



### Orbital FOC architecture

The full operational capability (FOC) constellation will consist of 27 operational satellites plus three spares, circling Earth in three circular medium orbits, at an altitude of 23222 km with an orbital inclination of 56° to the equator, in planes separated by 120° longitude.

### Atomic clock technology

Atomic clocks placed in orbit are the underlying technology behind satellite navigator. All clocks are based on regular oscillations — traditionally the swing of a pendulum, tick of clockwork or pulse of quartz crystal. Highly accurate atomic clocks rely on switches between energy states of an atom's electron shell, induced by light, laser or maser energy.

The first atomic clock, developed in England in 1955, was the size of a room. For satellite navigation, the challenge was to come up with a design that was compact and robust enough to fly in space. Thanks to long-term ESA research and development, two separate atomic clock technologies have been developed and qualified in Europe, then proved suitable for the harsh environment of space by the GIOVE missions.

Galileo carriers both types of atomic clock: a smaller rubidium atomic clock, accumulating three seconds' error every million years, and a bulkier hydrogen maser clock, accumulating one second's error every three million years.

### GALILEO ON THE GROUND

There is a lot more to Galileo than just its satellites in space. The worldwide ground network is essential to ensure the continued reliability of the time and positioning information embedded within the signals from space.

Satellite navigation relies on the receiver to derive the time and point in space that the signal was emitted, with an extremely high level of accuracy. This information is embedded within the signal itself. But onboard atomic clocks can still drift — and just a billionth of a second clock error corresponds to a 30 cm range error.

So a network of ground stations continuously checks each satellite's clock against Galileo System Time, which is generated by the Precise Timing Facility at the Galileo Control Centre in Fucino, Italy, which is in turn cross-checked for alignment to the international Coordinated Universal Time by a group of European timing laboratories.

Satellite orbits drift as well, nudged by the gravitational tug of Earth's slight equatorial bulge and by the Moon and Sun. Even the slight but continuous push of sunlight itself can affect satellites in their orbital paths. So the global network of ground stations picking up the Galileo signals perform radio-ranging in reverse on the satellites emitting them, to pinpoint their current position and identify and orbital drift.

This information on the satellite's clock performances and positions is gathered so that a correcting message can be uplinked to the satellites for re-broadcast to users in the satellite signals themselves. Completing the loop in this way means that optimal system performance can be maintained over time. The quality and reliability of each individual Galileo signal is also checked.

The Galileo ground segment is one of the most complicated

developments ever undertaken by ESA, having to fulfill strict levels of performance, security and safety.

- Ground mission segment (GMS) in the Fucino Control Centre in Italy, it must provide cutting-edge navigation performance at high speed around the clock, progressing data collected from a worldwide network of stations. GMS has 2 million lines of software code, 500 internal functions, 400 messages and 600 signals circulating through 14 different elements.

- Ground control segment (GCS) in the Oberpfaffenhofen Control Centre in Germany, it monitors and controls the constellation with a high degree of automation.

During the IOV phase, these two centres will have distinct roles; in future, they will work together as hot backups with real-time data synchronisation. In the event of the catastrophic loss of one centre, the other will be able to continue operations.

- Tracking and telecommand stations Two, at Kiruna in Sweden and Kourou in French Guiana.

- Uplink stations A network of stations to uplink the navigation and integrity data.

- Sensor stations A global network providing coverage for clock synchronisation and orbit measurements.

- Data dissemination network Interconnecting all Galileo ground facilities.

### Coping with the ionosphere

Incoming solar radiation splits apart air molecules at the top of the atmosphere to form an electrically-charged layer known as the 'ionosphere'. Radio pioneers used the ionosphere to reflect their signals beyond Earth's horizon, but for satellite navigation it is more of a hindrance than a help.



esa

soyuz

esa

GALILEO  
DUAL



Ionospheric interference can cause satnav receivers to lose signal lock or add significant signal delays, in the worst case causing positioning errors of dozens of metres. Dual-frequency receivers that receive two satnav frequencies simultaneously can overcome this kind of error. Single-frequency receivers of the type used in cars or mobile phones rely on ionospheric error estimates that are generated by the Galileo ground segment and included in the signal mes-

sage. Galileo incorporates an advanced ionosphere-modelling system to make its error calculations.

#### SERVICES TODAY AND TOMORROW

##### Today: EGNOS

The first pillar of Europe's navigation program, EGNOS, is already operational, sharpening the accuracy of GPR signals across Europe. In addition, it informs users about the current

integrity (level of reliability) of the system based on the GRP satellites' orbits, atomic clock accuracy and ionospheric delay. If the accuracy of the signal falls below a given threshold, users are warned within six seconds.

The Open Service, for applications where human life is not at stake, such as personal navigation, goods tracking and precision farming, has been available since October 2009.

The Safety-of-Life Service, where human lives depend on the accuracy and integrity of the signals, became available for its primary purpose of aircraft navigation (beginning with vertical guidance for landing approaches) in March 2011.

The system is based on a network of ground stations, control centres and three geostationary satellites. The ground stations gather data on the current accuracy of GPS signals and embed it in the EGNOS signal, which is uplinked to the satellites to be transmitted to users.

EGNOS is designed against international standards set by the international Civil Aviation Organization (ICAO) and its development was coordinated with other satellite-based augmentation system around the world: MSAS in Japan, WAAS in the US, GAGAN in India.

##### Tomorrow: EGNOS plus Galileo

Once Galileo becomes operational, a portfolio of navigation services will be offered by Galileo and EGNOS, based on varying user needs:

- Open Service The Galileo navigational signal will be accessible by the general public free of charge, providing improved global positioning.
- Public Regulated Service Two encrypted signals with controlled access for specific users such as governmental bodies.

- Search and Rescue Service Galileo will contribute to the international Cospas-Sarsat international system for search and rescue. A distress signal will be relayed to the Rescue Coordination Centre and Galileo will inform the user that their situation has been detected.

- Safety-of-Life Service Already available for aviation to the ICAO standard thanks to EGNOS, Galileo will further improve the service performance.

- Commercial Service Galileo will provide a signal for high data throughput and highly accurate authenticated data, particularly interesting for professional users.

The potential applications of satellite navigation are virtually limitless. Beyond the safety, efficiency and comfort that satnav brings to the transport sector, it will become a valuable tool for nearly all economic sectors. Keeping track of where you are will be as important as knowing the time of day. Integration of satnav services with other technologies such as mobile communications or traditional navigation aids will multiply their usefulness.

### Evolution of European satnav

EGNOS and Galileo are here to stay. ESA's satnav evolution programme is looking into how the two systems will evolve. Research is under way into future improvements such as expanded augmentation coverage, including how best to support increased navigation in the Arctic region as ice cover recedes, even more precise atomic clock, and intersatellite links to reduce Galileo's dependence on its ground segment for clock correction.

Improved ionospheric modelling is another innovation that would increase Galileo and EGNOS accuracy while also being of scientific interest.

Navigation satellite 'reflectometry' is another field of research: intercepting reflected satnav signals with special receivers to gather scientific and environmental information on Earth's sea and land, including sea-surface height and roughness, wind fields, ice extent, soil moisture and biomass density.

### GALILEO IOV OVERVIEW

Making the future: Galileo's partners

The definition, development and in-orbit validation phases of the Galileo programme are being carried out by ESA and co-funded with the EC. The Full Operational Capability phase is managed and funded by the EC. The Commission and ESA have a delegation agreement through which ESA acts as design and procurement agent on behalf of the EC.

### Galileo IOV main contractors

Space segment — EADS Astrium GmbH (DE) as satellite prime, with Thales Alenia Space (IT) as subcontractor for satellite

### Galileo IOV satellite

Mass	about 700 kg
Size with solar wings stowed	3.02 x 1.58 x 1.59 m
Size with solar wings deployed	2.74 x 14.5 x 1.59 m
Design life	more than 12 years
Available power	1420 W (sunlight) / 1355 W (eclipse)
Orbit	
Altitude	23222 km
Inclination	56°

integration

Operations segment — SpaceOpal, a consortium created by DLR (DE) and Telespazio (IT)

System support activities — Thales Alenia Space (IT)

Ground mission segment — Thales Alenia Space (FR)

Ground control segment — EADS Astrium UK

Test user segment — Thales Avionics (FR), Septentrio (BE)

Global data network — British Telecom (UK). ■



# Анатомия спутниковой навигации



**Г**алилео (Galileo) — совместный проект спутниковой системы навигации Европейского союза и Европейского космического агентства, является частью транспортного проекта Трансевропейские сети. Система предназначена для решения геодезических и навигационных задач.

#### Состав полезной нагрузки

- **L-диапазонная антенна** передает навигационные сигналы в L-диапазоне.

- **Поисковая и спасательная антенна** улавливает сигналы бедствия от радиомаяков на Земле и передает их на наземную станцию для передачи местным спасательным службам.

- **S-диапазонная антенна** принимает сигналы от станций линии связи. Они включают в себя данные для синхронизации бортовых часов с наземной опорной частотой и интегрированными данными, которые содержат информацию о качестве работы спутника. Эта целостная информация включена в навигационный сигнал для передачи пользователям.

- **Две S-диапазонные антенны** для телеметрии, слежения и управления подсистемой. Они передают служебные данные о спутниковой платформе и нагрузке на наземный сегмент управления и, в свою очередь, получают ко-

манды для управления спутником и работы приборов. S-диапазонные антенны также получают, обрабатывают и передают сигналы, которые измеряют высоту спутника до нескольких метров.

- **Инфракрасные датчики Земли.** Инфракрасные датчики Земли определяют контраст между холодом глубокого космоса и теплотой Земной атмосферы.

- **Датчики видимого света.** Солнечные датчики являются детекторами видимого света, которые измеряют наклон (угол) к Солнцу.

- **Лазерный отражатель** позволяет измерять расстояние до спутника с точностью до нескольких сантиметров в результате отражения лазерного луча, исходящего от наземной станции. Отражатель будет использоваться примерно один раз в год, потому что измерения с помощью S-диапазонной антенны также достаточно точны.

- **Космические радиаторы** излучают избыточное тепло в пространство, поддерживая бортовую электронику в пределах рабочего диапазона температур.

- **Пассивные водородные часы** на спутнике. Двое часов для обеспечения точности. Эти атомные часы используют ультра-стабильную энергию колебаний атомов водорода для измерения времени с точностью до 0,45 наносекунд за 12 часов.

#### Другое оборудование

- **Рубидиевые часы.** Атомные часы на основе различных технологий. Точность до 1,8 наносекунд за 12 часов.

- **Мониторинговые часы и блок управления.** Обеспечивают связь между четырьмя часами и навигационным сигналом генераторного блока. Это также гарантирует генерацию частот по основ-

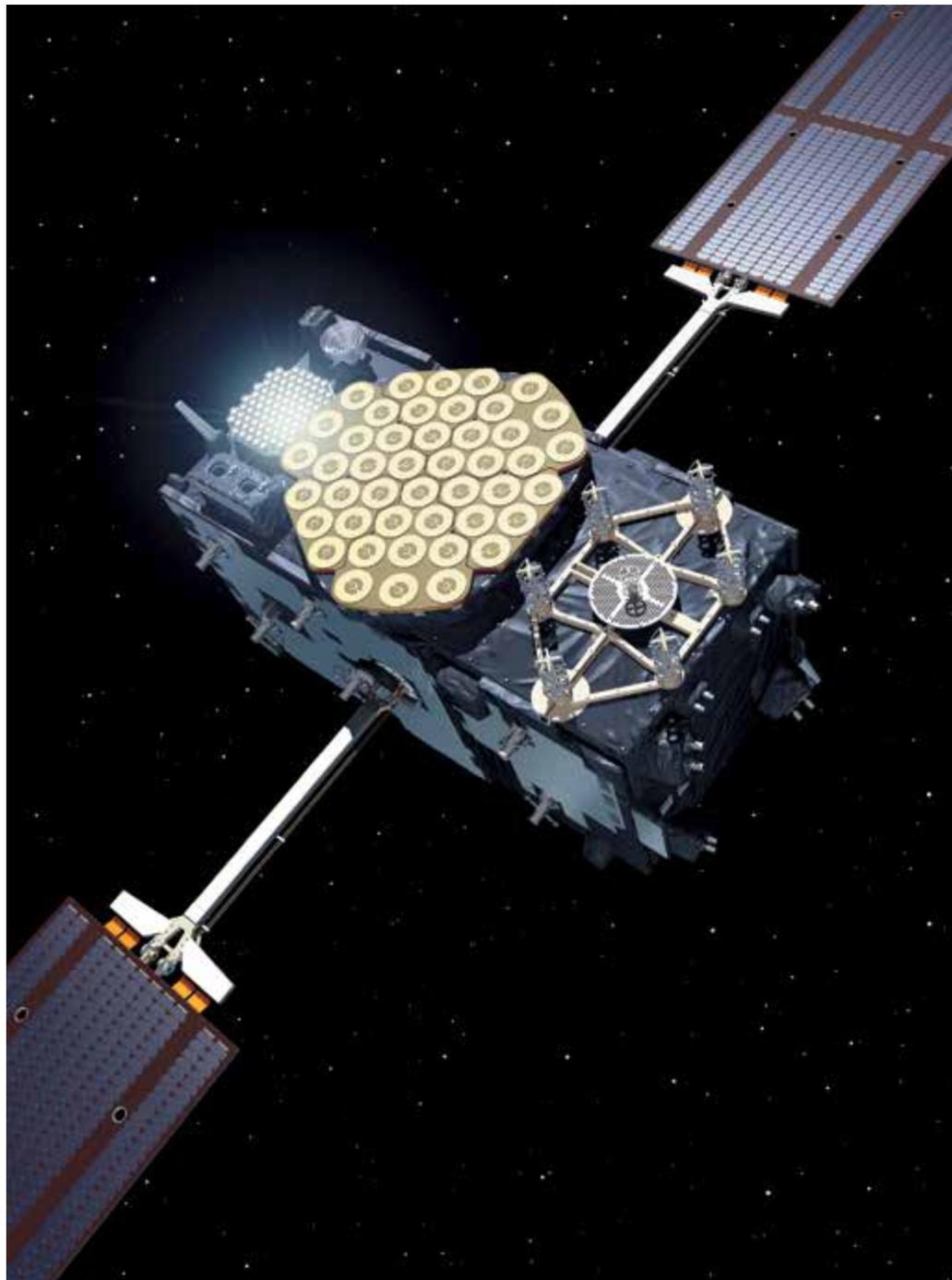
ным и запасным часам, которые совпадают по фазе, так что запасные могут мгновенно взять на себя работу при какой-либо проблеме основных часов.

- **Навигационный сигнальный генератор.** Устройство генерирует навигационные сигналы, используя часы, блок управления и передан-

ные с земли на борт навигационные данные, данные от S-диапазонной антенны. Навигационные сигналы преобразуются до L-диапазонных для передачи пользователям.

- **Гироскопы,** измеряющие вращение спутника.

- **Маховики** управляют вращением спутника. Когда они вращаются, спутник дви-





жется в противоположном направлении. Спутник вращается дважды по орбите, позволяя батареям поворачиваться к солнечным лучам.

- **Магнито-вращающее устройство** изменяет скорость вращения маховиков с помощью крутящего момента (поворотной силы) в противоположном направлении.

- **Блок кондиционирования и распределения энергии** регулирует и контролирует питание от солнечных батарей и аккумуляторов для распределения среди всех спутников подсистем и нагрузок.

- **Бортовой компьютер** управляет спутниковой платформой и полезной нагрузкой.

### Орбитальная архитектура при полной готовности системы

Полная оперативная готовность (ПОГ): 27 действующих спутников плюс три запасных, орбита высотой 23 222 км, наклонением 56° к экватору в плоскостях, разделенных 120° долготы.

### Атомная часовая технология

Атомные часы, выведенные на орбиту, являются базовой технологией после спутникового навигатора. Все часы основаны на регулярных колебаниях — традиционно это колебания маятника, отметка часового механизма или импульс кристалла кварца. Высокая точность атомных часов основывается на переключении между состояниями энергии электронной оболочки атома под действием света, лазера или мазера энергии.

Первые атомные часы, разработанные в Англии в 1955 году, были размером с комнату. Для спутниковой навигации необходимо, чтобы часы были компактными и достаточно прочными для полета в космос. Благодаря перспективным исследованиям проведенным в ESA, две технологии были разработаны и квалифицированы в лабораториях, впоследствии они рекомендовали себя подходящими для суровых условий космоса и были апробированы в миссии GIOVE.

Спутники Galileo имеют оба типа атомных часов: небольшие рубидиевые атомные часы, накапливающие трехсекундную ошибку на каждый миллион лет и более крупные водородные мазер часы, накапливающие секундную ошибку на каждые три миллиона лет.

### GALILEO НА ЗЕМЛЕ

Система Galileo гораздо больше, чем просто спутники в космосе. Всемирная наземная сеть важна для обеспечения постоянного поступления сигналов и пространственного позиционирования информации пользователям.

Собственно технология спутниковой навигации основывается на приеме информации для получения значений времени и местонахождения в пространстве от орбитального сигнала с очень высоким уровнем точности. Эта информация встраивается в сам сигнал. Но бортовые атомные часы все еще могут «плыть» — и ошибка часов всего лишь в миллиардную долю секунды соответствует 30 сантиметровой диапозону ошибки.

Таким образом, сеть наземных станций непрерывно тестирует спутниковые часы по отношению к системе времени Galileo, которая генерируется Фондом точного времени в Центре управления Galileo в Фьюмичино, Италия, которая в свою очередь сверяется группой европейских лабораторий времени.

Спутниковые орбиты мигрируют, а также смещаются колебаниями гравитации, связанной с неровной поверхностью Земли. Даже небольшое, но непрерывное давление солнечного света само по себе может влиять на спутники и их траекторию. Глобальная сеть наземных станций, принимая сигналы управления Galileo, выполняет ранжирование спутников, чтобы точно определить их текущее местоположение и идентифицировать орбитальный дрейф. Бесперебойная связь Земля-Борт означает, что оптимальную производительность системы можно поддерживать в течение долгого времени. Качество и надежность каждого отдельного сигнала Galileo также проверяется.



Наземный сегмент Galileo является одной из самых сложных разработок, когда-либо предпринятых ESA, чтобы достичь высокого уровня производительности, безопасности и надежности.

- Головной сегмент (GMS) в Центре управления в Фьюмичино в Италии, предоставляет круглосуточно навигационные характеристики на высокой скорости — 2 миллиона строк программного кода, 500 внутренних функций, 400 сообщений и 600 сигналов, циркулирующих по 14 различным элементам.

- Контролирующий сегмент (GCS) в Центре управления Оберфаффенховен в Германии обеспечивает резер-

вирование функций головного центра.

- Станции слежения. Их две, в Кируна в Швеции и Куру во Французской Гвиане.

- Uplink станции. Сеть станций uplink навигации и интегрированных данных.

- Сенсорные станции. Глобальная сеть обеспечивает компенсацию погрешностей для синхронизации часов и орбитальных измерений.

- Распространение сетевых данных всем смежным Galileo наземным объектам.

#### Компенсация влияния ионосферы

Поступающая солнечная радиация способствует распаду молекул в верхней части ат-

мосферы с образованием электрически заряженных слоев, известных как «ионосфера». Радиоустановки используют ионосферу для отражения их сигналов за горизонт Земли, но для спутниковой навигации это является скорее помехой, чем помощью.

Ионосферные помехи могут привести к потере сигнала приемниками или привести к значительным задержкам сигнала, в худшем случае вызвать ошибки позиционирования на десятки метров. Двухчастотные приемники, т.е. приемники спутниковой навигации на две частоты одновременно, могут преодолеть такого рода ошибки. Приемники одночастотного типа, используемые в авто-



мобилях и мобильных телефонах, опираются на ионосферные оценки погрешности, которые генерируются наземным сегментом Galileo и включаются в сигнал сообщения. Galileo имеет на вооружении цифровую модель ионосферы, необходимую для расчета ошибок.

#### УСЛУГИ СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

##### Сегодня: EGNOS

Первый столп Европейской навигационной программы, EGNOS, уже работает, представляя достоверные GPR сигналы по всей Европе. Кроме того, она информирует пользователя о текущей целостности (уровне надежности) системы на основе GRP спутников орбиты, атомной точности часов и ионосферных задержках. Если

точность сигнала падает ниже определенного порога, пользователи предупреждаются в течение шести секунд.

Открытое обслуживание для тех случаев, когда нет угрозы для жизни человека, например, персональная навигация, отслеживания потоков, применение в транспорте и строительстве, стало доступно с октября 2009 года.

Служба безопасности пассажиров, когда человеческая жизнь зависит от точности и целостности сигналов, стала доступна при навигации воздушных судов (начиная с вертикального эшелонирования) в марте 2011 года.

Система базируется на сети наземных станций, центров управления и трех гео-

стационарных спутников. Наземные станции собирают данные о точности сигналов GPS и объединяют их в EGNOS сигнал, который передается на спутник для передачи пользователям.

EGNOS разработан на основе международных стандартов, установленных Международной организацией гражданской авиации (ICAO) и его развитие координировалось другими спутниковыми системами функционального дополнения по всему миру: в Японии MSAS, WAAS в США, GAGAN в Индии.

##### Завтра: EGNOS плюс Galileo

Как только Galileo начнет функционировать, портфель

навигационных услуг будет предложен Galileo и EGNOS, которые обеспечивают различные потребности пользователей:

- Открытое обслуживание. Навигационный сигнал Galileo будет доступен для широкой общественности бесплатно, чем обеспечит дальнейшее распространение глобальной позиционирования.

- Государственные регулируемые услуги. Два дополнительных кодированных сигнала с контролируемым доступом для определенных пользователей, таких как государственные органы.

- Поисково-спасательная служба Galileo будет действовать международной системе Коспас-Сарсат по поиску и спасению. Сигнал бедствия будет передан в спасательно-координационный центр, и Galileo будет информировать пользователей о том, что их положение контролируется.

- Служба безопасности пассажиропотоков уже доступна для стандартов авиации ICAO благодаря EGNOS; Galileo будет способствовать дальнейшему повышению качества обслуживания.

- Коммерческая служба Galileo обеспечит сигнал для высокой пропускной способности и высокоточной проверки подлинности данных, который особенно необходим для профессиональных пользователей.

Потенциал применения спутниковой навигации практически безграничен. Помимо безопасности, эффективности и комфорта, которые приносит спутниковая навигация в транспортный сектор, она станет ценным инструментом для многих отраслей экономики. Высокоточное определение, где вы находитесь, будет так же важно, как знать время суток. Интеграция спутнико-

вой навигации услуг с другими технологиями, такими как мобильная связь или традиционные навигационные средства, будет множиться.

### Эволюция европейской спутниковой навигации

Эволюционная программа спутниковой навигации ESA рассматривает то, как две системы EGNOS и Galileo будут развиваться. Исследования ведутся в таких сферах, как расширение охвата работ, в том числе содействие развитию навигации в арктическом регионе, так как ледяной покров сокращается, разработка еще более точных атомных часов и межспутниковых линий связи для снижения зависимости Galileo от наземного сегмента для коррекции бортовых часов.

Совершенствование моделирования ионосферы является еще одной инновацией, что повысит достоверность и научный интерес к данным Galileo и EGNOS. «Рефлектометрия» спутниковой навигации — это еще одна область исследования: перехват отраженных сигналов спутниковой навигации специальными приемниками для сбора научной и экологической информации о морях, земле, в том числе оценки высоты уровня моря и рельефа, ветровых полей, ледового пространства, влажности почвы и плотности биомассы.

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ GALILEO IOV

#### Создание будущего: партнеры Galileo

Определение, развитие и орбитальная проверка программы Galileo проводятся ESA и финансируются совместно с Европейским союзом. Комиссия Европейского союза и ESA имеют соглашение, по которому ESA действует в качестве агента по закупкам от имени ЕС.

### Спутник Galileo IOV

Масса	около 700 кг
Размеры с уложенными солнечными батареями	3.02 x 1.58 x 1.59 м
Размеры с развернутыми солнечными батареями	2.74 x 14.5 x 1.59 м
Продолжительность работы	более 12 лет
Располагаемая мощность	1420 W (солнечный свет) / 1355 W (затмение)
Орбита	
Высота	23222 км
Наклонение	56°

### Основные подрядчики Galileo IOV

Космический сегмент — EADS Astrium GmbH (Германия), в качестве генподрядчика с Thales Alenia Space (Италия) в качестве субподрядчика для спутникового интеграции

Операционный сегмент — SpaceOpal, консорциум, созданный DLR (Германия) и Telespazio (Италия)

Система поддержки деятельности — Thales Alenia Space (Италия)

Наземный сегмент — Thales Alenia Space (Франция)

Наземный сегмент управления — EADS Astrium (Великобритания)

Тестовый пользовательский сегмент — Thales Avionics (Франция), Septentrio (Бельгия)

Глобальная сеть передачи данных — British Telecom (Великобритания). ■

*Неофициальный перевод с английского*

*Подготовила Эльвира Ханко*

*С разрешения ESA*



# Под жарким солнцем Украины

По приглашению Государственного космического агентства Украины редакция журнала «Космические исследования и технологии» посетила Национальный центр управления и испытаний космических средств, расположенный в курортной Евпатории. Легендарный объект, созданный в эпоху взлета советской космической программы, и сегодня вызывает большой интерес у специалистов. Большие технические возможности и опыт профессионалов дают надежды на эффективное использование его потенциала для перспективных космических проектов. В программу визита вошли: посещение музея, радиотехнического комплекса «Плутон», радиоастрономического телескопа РТ-70, других объектов.

Почему именно этот район Крыма был выбран в свое время для размещения Центра? Близость к экватору, значительное количество солнечных дней, развитая инфраструктура. Равнинная местность. Здесь можно развернуть антенну под углом в 90 градусов. Другой, аналогичный комплекс был создан на Дальнем Востоке в Уссурийске.

Сегодня Центр осуществляет управление спутником дистанционного зондирования Земли Сич-2, участвует в международных программах исследования Дальнего космоса. Его потенциал еще будет востребован!

**В** 1960 году был создан комплекс сооружений Центра в приморском равнинном районе Крыма неподалеку от г. Евпатории. Техническую основу Центра составлял космический радиотехнический комплекс «Плутон», оснащенный уникальными антеннами, которые не имеют мировых аналогов.

12 февраля 1961 года Центр Дальней Космической Связи приступил к управлению полетом первой в мире автоматической межпланетной станции «Венера-1». В 1965 году были осуществлены запуски аппаратов «Венера-2» и «Венера-3». Со

временем был запущен целый ряд космических аппаратов серий «Эхо», «Венера», «Марс», с помощью которых отрабатывались вопросы динамики полетов и посадки на планеты Солнечной системы, изучение атмосферы планет, передачи информации. Специалисты Центра Дальней Космической Связи постоянно осуществляли управление работой космических аппаратов, получая служебную и научную информацию.

Многолетний опыт управления автоматическими межпланетными станциями, эксплуатация наземных станций даль-

ней космической связи, достижения в области электроники, информатики, радиотехники, машиностроения и других областей науки и производства позволили создать беспрецедентный научно-исследовательский комплекс — радиоастрономический телескоп РТ-70.

С декабря 1978 года РТ-70 Центр Дальней Космической Связи в г. Евпатории является постоянным участником в реализации космических программ дальнего космоса.

31 августа 1995 года в 10 часов 50 минут был осуществлен старт ракеты-носителя «Циклон», которая вывела на



орбиту первый украинский национальный спутник «Сич-1», который предназначен для оперативного получения информации с целью решения задач исследования Земли из космоса. Высокопрофессиональный коллектив Евпаторийского Центра Космической Связи в ходе управления космическим аппаратом «Сич-1» осуществил ряд научных экспериментов, которые позволили сделать много открытий и отработать новые технологии, дать народному хозяйству информацию, которая используется в интересах экономики.



Радиотехнический комплекс «Плутон»



**Максим ГЛУЩЕНКО** —  
заместитель начальника  
Центра управления  
полетами космических  
аппаратов.

В 1996 году, в соответствии с Указом президента Украины в г. Евпатории на базе Центра Дальней Космической Связи создан Национальный Центр Управления и испытания космических средств (НЦУИКС). Этот Центр предназначен для управления космическими аппаратами в рамках национальных и международных космических программ.

17 августа 2011 г., с пусковой базы «Ясный», Оренбургская область, РФ, был произведен пуск ракеты-носителя «Днепр», которая успешно вывела на околоземную орбиту спутник «Сич-2». В тот же день, с 11 часов 48 минут до 12 часов 01 минуты по киевскому времени средствами Национального центра управления и испытаний космических средств, успешно проведен первый сеанс связи с космическим аппаратом «Сич-2». Работа со спутником успешно продолжается по сегодняшний день.



Радиотелескоп РТ-70





«С Виталием Сывульским, руководителем отдела общественных связей»

В музее Центра

Национальный Центр структурно входит в состав Национального космического агентства Украины и объединяет наземные средства управления космическими аппаратами и средствами контроля геофизической обстановки.

**Основные направления деятельности:**

- Управление полетами национальных космических аппаратов разного назначения;
- Предоставление услуг относительно управления КА в рамках международных программ;
- Контроль техническими средствами сейсмической обстановки и других геофизических явлений на территории Украины и мира;
- Проведение перспективных научных исследований;
- Предоставление широкого спектра услуг в разных сферах деятельности ■



# Launchers

Приложение к журналу «Космические исследования и технологии»

космодромы  
и носители



Носители в XXI веке

Как построить космодром

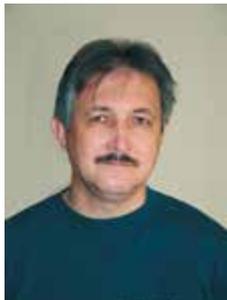
Создатель УКСС

# КОСМИЧЕСКИЕ НОСИТЕЛИ: НА ПУТИ К СОВЕРШЕНСТВУ



**Дмитрий ВОРОНЦОВ,**

независимый эксперт в области ракетно-космической техники,  
Россия



**Игорь АФАНАСЬЕВ,**

независимый эксперт в области ракетно-космической техники,  
редактор журнала «Новости космонавтики»,  
Россия

**К**то не слышал сетования о дороговизне доступа в космос? Чтобы доставить 1 кг полезного груза на низкую орбиту, надо заплатить от 6 до 20 тыс \$, а на геостационарную — в разы больше. Высокая стоимость пусковых услуг называется одной из главных причин, препятствующих космическому бизнесу. Так ли это на самом деле? В чем причины дороговизны полетов в космос, и как с ней бороться?

Надо признать: высокие затраты на пусковые услуги — не причина, а следствие ограниченной потребности в запусках. В самом деле, мы часто используем возможности авиаперевозчиков, поскольку имеем интересы в разных точках земного шара — бизнес, отдых, перевозка

грузов и так далее. В космосе подавляющему большинству обычного народа делать нечего. Даже если стоимость пусковых услуг упадет до нуля, вряд ли кто из рядовых обывателей бросится запускать свой спутник\*. Иными словами, спрос на пусковые услуги — в части выведения космических аппаратов — не является эластичным. По большому счету можно сказать, что организации, заинтересованные в покупке пусковых услуг, будут делать свое дело вне зависимости от стоимости последних.

Соответственно, и серийность производства средств выведения невелика. Даже в лучшие — 1970-1980-е — годы Советский Союз, например, производил не более сотни экземпляров ракет, а Соединенные Штаты выпускали в

два-три раза меньше. Как только развитие элементной базы и общий технический прогресс позволили повысить характеристики и увеличить срок службы КА, число запусков пошло на убыль. В самом деле, зачем выводить на орбиту три спутника с 20 транспондерами каждый, если можно запустить одной ракетой аппарат с 60 передатчиками? Снижение объемов серийного выпуска изделий совершенно естественно привело к росту себестоимости производства и эксплуатации, а значит, и к увеличению стоимости миссии носителя.

Как показывает опыт, способов снижения затрат на запуски в целом не так уж и много.

Во-первых, это оптимизация основных параметров и повышение уровня конструк-

\* Про ученых, военных, инновационных технологов и промышленников промолчим — они стоят чуть в стороне от простой публики.





ния затрат — унификация. Заманчиво при создании нового изделия использовать агрегаты, системы или даже целые ракетные блоки от существующих носителей и баллистических ракет. Яркий пример такой унификации — советские РН серии «Восток» — «Восход» — «Союз» и американские Delta и Saturn. В последнем случае, для ускорения разработки и изготовления первой ступени первого американского мощного носителя использовалась связка топливных отсеков боевых ракет Redstone и Jupiter, а также доработанные двигатели от баллистической ракеты Thor.

Третья ступень советских носителей «Восход» и «Союз» — блок «И» — была получена глубокой модификацией второй ступени межконтинентальной ракеты Р-9. Saturn IB и Saturn V оснащались общей верхней ступенью — S-IVB — с двигателем J-2\*, который стоял к тому же на второй ступени S-II лунного «Сатурна».

Неплохой эффект дает унификация ракетных блоков по диаметрам. Например, генерал-майор Джон Медарис, который руководил программой разработки американских баллистических ракет, отмечал, что основные расходы на оснастку при изготовлении баков и других корпусных элементов связаны с диаметром. Изменения в длине или конструктивных особенностях ступеней мало влияют на стоимость оснастки (или не влияют совсем), а вот изменение диаметра становятся главным вопросом при выборе станков, инструментов, оснастки, затрат и времени. Поэтому неудивительно, что различные типы ракет, выпускавшихся на одном заводе, были унифицированы по диаметру. Например, все американские «Атласы» и «Титаны», «Торы» и «Дельты», имели определен-



ный диаметр баков. То же можно сказать и про советские Р-16, Р-36 и Р-36М, а также «Протоны». Американцы для проектируемого сверхтяжелого носителя SLS приняли диаметр центрального блока таким же, какой был у внешнего топливного бака системы Space Shuttle.

Крайним выражением унификации является концепция модульного проектирования. Суть ее сводится к тому, что вместо изделия под конкретные целевые задачи разрабатывается ограниченный набор универсальных ракетных блоков и адаптеров, из которых, подобно кубикам, собирается носитель нужной грузоподъемности. При этом, на первый взгляд, можно существенно снизить затраты на проектирование и производство ракет. Именно поэтому идея модульного проектирования давно притягивает взгляды ракетчиков.

Пожалуй, первым в нее поверил М.К.Тихонравов с своей группой. Именно он в конце 1940-х выдвинул идею сборки в «пакет» однотипных Р-2 или Р-3 для превращения в многоступенчатых ракет в многоступенчатый носитель. По мнению

Михаила Клавдиевича, «пакет» давал возможность быстрой разработки межконтинентальной или космической ракеты. Идея сборки «из кубиков» получила дальнейшее развитие в семействе твердотопливных баллистических ракет РТ-2/2П, РТ-15, РТ-25, а также в проектах космических носителей Н-1, Н-11, Н-111. Американцы широко использовали идею «модульности» — в 1960-1980-х годах все их космические носители легкого и среднего классов комплектовались из «бустеров» на основе боевых баллистических ракет и ограниченного числа разгонных блоков в качестве верхних ступеней.

Гораздо глубже эту тему попытались вспахать в начале 1970-х годов советские разработчики. В рамках темы «Подъем» куйбышевский филиал Центрального конструкторского бюро экспериментального машиностроения (ныне ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс») прорабатывал семейство космических носителей легкого, среднего и тяжелого классов на основе двух-трех универсальных ракетных блоков (УРБ) многократного (!) применения.

\* Вообще, унификация американских силовых установок заслуживает отдельного разговора. К примеру, спроектированный в дремучие 1950-е годы ускоритель крылатой ракеты Navaho стал родоначальником большинства двигателей американских боевых и космических ракет, от Redstone и Jupiter до Atlas, Saturn I и Delta. Последний полет движка состоялся лишь через несколько лет — унификация растянула его век на 60 лет.



В 1974 году в НПО «Энергия» под руководством В.П.Глушко рассматривалось семейство ракетных летательных аппаратов (РЛА) тяжелого и сверхтяжелого класса на базе двух ракетных блоков — керосинового и водородного. Несколько позднее обе разработки — и куйбышевская, и подлипкинская — слились в одну, превратившись в проект «Энергия-Буран», ракетная часть которого строилась на базе бокового блока на основе первой ступени РН «Зенит» (остатки темы «Подъем») и большого криогенного блока (развитие РЛА). В семейство входили носители «Гроза», «Буран» и «Вулкан», а позже — «Энергия» и «Энергия-М». Параллельно, на базе «Зенита» в днепропетровском НПО «Южное» прорабатывалось семейство тяжелых модульных ракет 11К37. Однако все это многообразие осталось только в проектах, лишь «Энергия» слетала в космос, да и то лишь дважды.

Первым реальным подходом к реализации концепции модульности «в железе» стало семейство европейских РН Ariane-4. Шесть модификаций этого носителя среднего класса с середины 1980-х годов обеспечивали выведение на геопереходную орбиту спутников массой от 2 до 4,3 т. Варьирование грузоподъемности обеспечивали различные комбинации стандартных твердотопливных и жидкостных стартовых ускорителей при неизменных центральных ступенях. Поначалу семейство было довольно успешным, но со временем рост цен на комплектующие (эксплуатация носителей продолжалась 15 лет — с 1988 по 2003 годы) привел к тому, что стоимость запуска выросла до неприемлемых величин, и ракеты заменили менее гибкой, но более простой и дешевой в производстве Ariane-5.

В Китае прямым аналогом Ariane-4 стали носители серии «Великий поход-2/3», созданные на основе первой китайской МБР. Эти ракеты легли в основу всех эксплуатируемых ныне китайских РН, включая пилотируемые. Нарращивание возможностей производилось путем модернизации первой и создания новых верхних ступеней, а также применением различного числа жидкостных стартовых ускорителей.

Эстафету «модульной лихорадки» в середине 1990-х перехватили американцы. По программе «Продвинутого одноразового носителя» EELV (Evolved Expandable Launch Vehicle) были разработаны два ракетных семейства — Atlav V и Delta IV — в полной мере соответствовавших концепции «ракеты из кубиков».

Первое базируется на трех ракетных модулях: керосиновом едином общем блоке ССВ (Common Core Booster), водородном блоке Centaur и стартовом твердотопливном ускорителе (СТУ) Aerojet-73F. Комбинируя их, можно собрать 18 вариантов носителей, способных выводить на низкую орбиту от 10 до 25 т, а на геопереходную — от 5 до 12,6 т. Пока реально использовались лишь девять конфигураций.

Delta IV также строится из трех модулей: криогенного единого центрального блока СВС (Common Booster Core), криогенной второй ступени DCSS (Delta Cryogenic Second Stage) и СТУ GEM-60. Семейство включает пять моделей (все эксплуатируются), способных вывести на низкую орбиту от 9 до 24 т, а на геопереходную — от 4 до почти 13 т.

Вскоре после начала проекта EELV к модульному принципу вернулись и российские ракетчики.

С 1992 года на основе технологий и имеющейся назем-

ной инфраструктуры «Зенита» и «Энегрии», но с использованием собственных наработок, ГКНПЦ имени М.В.Хруничева проектировало носитель «Ангара» на смену «Протону». Но в 1997-98 году концепция полностью поменялась, очевидно, не без оглядки на американцев. Проектанты из Филей остановились на двух универсальных ракетных модулях — УРМ-1 и УРМ-2.

В 2009-2011 годах ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», КБ имени В.П.Макеева и РКК «Энергия» проектировали модульную РН по теме «Русь-М», но разработка была остановлена осенью 2011 года. Ведутся проектные изыскания по перспективным модульным носителям в Европе (программа Ariane-6), Китае («Великий поход-5», -6», -7») и Японии (Н-Х). Из единых модулей делает ракеты и амбициозный американец Элон Маск.

Казалось бы, концепция построения «ракеты из кубиков» победила окончательно и бесповоротно. Однако резкого снижения затрат на пусковые услуги при этом почему-то не наблюдается. К примеру, ракеты EELV надежнее и дешевле носителей предыдущего поколения, но не настолько, чтобы говорить о прорыве...

Очевидно, что кроме достоинств — действительных и кажущихся — идея модульного проектирования имеет крупные недостатки.

Во-первых, в соответствии с выражением «специальное — лучше универсального», полученным на основе опыта, любое модульное изделие по эффективности будет уступать специально спроектированной ракете с равной энергетикой. Точнее, из всего семейства лишь одно изделие будет обладать оптимальными проектными параметрами, остальные — нет.

Как раньше, так и сейчас большинство модульных ра-

кет проектировалось по многоблочной компоновке, что сужает возможности оптимизации. Именно поэтому королевское ОКБ-1 в своем «лунном проекте» придерживалось схемы «тандем». Оптимизация ракетных блоков упрощалась бы в случае, если сначала велось проектирование легкой Н-111, затем под нее подводится нижняя ступень и получается средняя Н-11. А установка нижней ступени под последнюю ракету, в свою очередь, позволяет получить сверхтяжелую Н-1. Но на практике эту идею реализовать не удалось, и даже в проекте все пришлось делать наоборот — средние и легкие ракеты получались из сверхтяжелой Н-1 путем «вычитания» нижних ступеней — что отнюдь не приводило к оптимальному варианту.

Во-вторых, чтобы спроектировать из небольшого числа модулей целое семейство ракет, требуется затратить гораздо больше времени, чем на «обычный» носитель: здесь необходимо рассчитать набор — конструктор, и проверить каждый способ «соединения кубиков» на все (!) случаи нагружения. Расчеты выявляют, что прочность одних и тех же модулей в ряде вариантов будет избыточной, а в ряде — недостаточной...

В-третьих, модуль «тандемной» ракеты работает во всем в других условиях, чем «пакетной», и все «довески» к массе конструкции (узлы поперечных связей), связанные с учетом нагрузок в составе какого-то конкретного варианта, будут утяжелять все ракеты семейства. Американцы достигли успеха с EELV, в основном, за счет использования ограниченного числа блоков, соединенных в «тандем», с применением небольших СТУ, «пакетирующих» ракету: разгруженные от сжимающих и изгибающих нагрузок боль-



шим внутренним давлением, ускорители нечувствительны к нагрузкам в разных вариантах носителя, что упрощает проектирование и производство.

Наконец, еще одно соображений против модульности. В случае аварии любого варианта, для анализа ситуации и устранения недостатков на «прикол» могут поставить все ракеты, сделанные на основе одного набора модулей.

Учитывая все достоинства и недостатки, можно сделать следующий вывод. Модульное проектирование эффективно лишь в том случае, когда ракетный парк создается заново (именно «с чистого листа»), без учета имеющейся наземной инфраструктуры (например, когда ее вообще нет) и при требовании охватить возможно более широкий диапазон полез-

ных нагрузок. Тогда с неоптимальностью конкретных вариантов можно смириться, поскольку эффективным должно быть все семейство в целом. Если же задач для новых средств выведения немного, а ресурсы ограничены, лучше проектировать ракету специально, «старым дедовским способом». Модульность здесь будет только вредить.

В этом смысле нынешний подход к проекту «Ангара» следует признать ошибкой. Да, исходный вариант носителя — «Ангара-2б» — был негибким и, возможно, требовал более тонкой «настройки» грузоподъемности. Но с помощью выбранного решения этого достичь не удалось. И, самое главное, в момент принятия решения о смене концепции нужды в новом среднем или

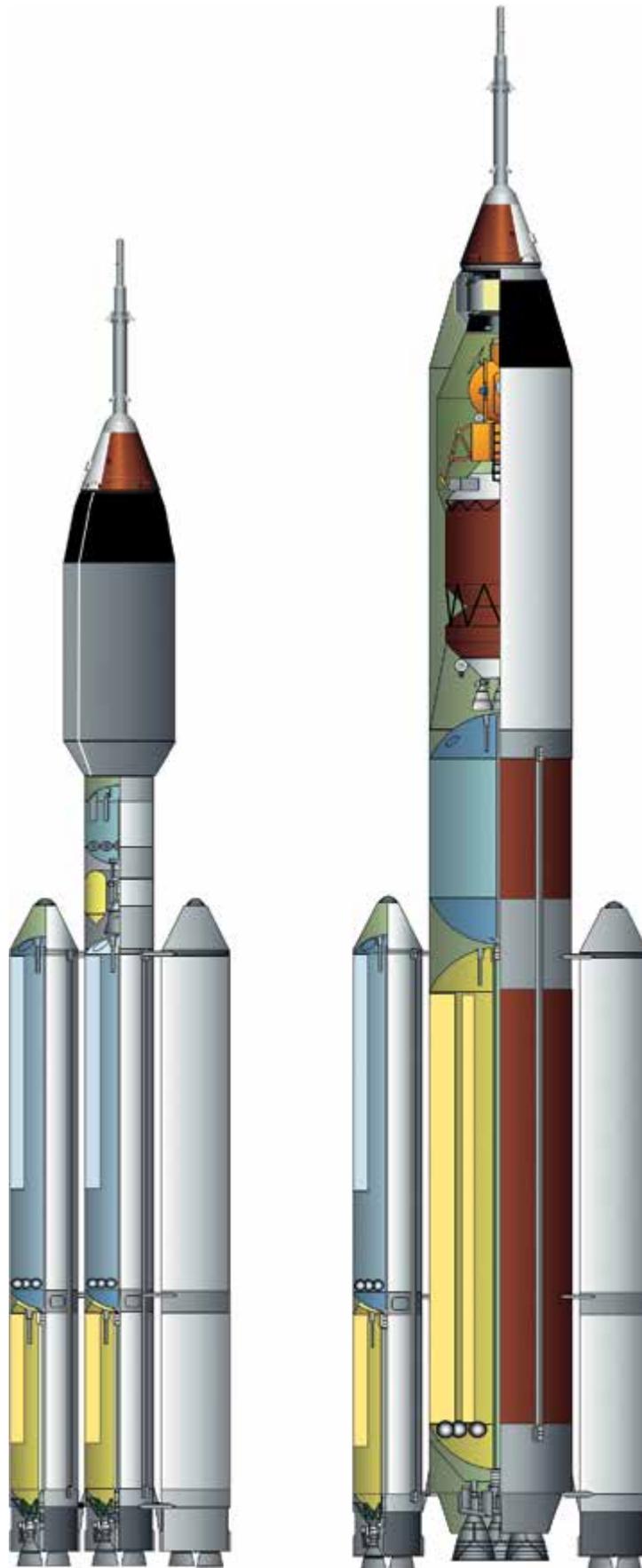
легком носителе не было, поскольку существовали ракеты среднего («Союз» и «Зенит») и легкого («Циклон», «Космос» «Рокот» и «Старт») классов. Их замена — пусть и более эффективная — была чисто политическим шагом и делалась, скажем так, от безысходности, на фоне полной неопределенности дальнейших отношений с предприятиями-партнерами, которые оказались на территории суверенных государств Украина и Казахстан\*. Кроме того, проект настолько затянулся, что за время его реализации поменялось слишком многое — от политической ситуации до космической программы страны. В итоге, реально востребован на сегодня лишь тяжелый вариант. А раз так, зачем было ввязываться в модульный долгострой?

\* Единственное рациональное объяснение выбора Центра Хруничева, вероятно, заключается в стремлении захватить все ниши рынки коммерческих запусков

Окончательный вывод: в «модульный проект» стоит влезать лишь при очень веских обстоятельствах и после тщательнейшего прогноза развития рынка запусков.

Итак, остались ли у нас еще способы снижения стоимости пусковых услуг? Пожалуй, по крупному — это лишь многоразовые системы. Увы, они могут дать эффект лишь при большой частоте пусков. Их проектирование и производство на порядок выше, чем у одноразовых носителей. И «отбить» затраты в разумные сроки — 5-10 лет — можно лишь, стартуя по сотне раз в год. Но... традиционные ныне задачи в космосе не требуют такой интенсивности полетов (кстати, не забудем еще и про стоимость межполетного обслуживания!). Эксперты предполагают, что при такой постановке вопроса некоторый выигрыш дадут частично многоразовые системы с первыми ступенями, возвращаемыми к месту старта. Кроме прочего, тогда можно будет получить эффект сокращения или полного исключения зон падения отделяемых частей.

Имеются ли миссии, где спрос на космические запуски более эластичен? На наш взгляд, есть — это космический туризм. В этом виде бизнеса цена на билет существенно влияет на число заказчиков. К примеру, при стоимости билета на орбиту не 20-40 млн \$, как сейчас, а 100-200 тыс \$, по прогнозам космическими туристами будут готовы стать до 15 тысяч человек в год! А раз так, летать придется часто, и многоразовые системы быстро станут экономически эффективными. И тогда, в качестве опции, их можно будет применять и для решения традиционных задач. Возможный облик таких систем — тема для отдельного разговора. ■



Перспективный сверхтяжелый носитель (РКК «Энергия» 2012 г.)

Рисунок  
Д. Воронцова

# Вокзал для самых тяжелых поездов

**Игорь АФАНАСЬЕВ,**

независимый эксперт в области ракетно-космической техники, редактор журнала «Новости космонавтики»,  
Россия

**Дмитрий ВОРОНЦОВ,**

независимый эксперт в области ракетно-космической техники,  
Россия

**В** начале августа 2012 года Федеральное космическое агентство (Роскосмос) объявило конкурс на подготовку эскизного проекта ракеты-носителя тяжелого класса. Как отмечено в технических требованиях на опытно-конструкторскую работу, космический ракетный комплекс (КРК) должен обеспечивать выведение кораблей перспективной пилотируемой транспортной системы на траектории полетов к Луне и к околоземным орбитальным станциям. Кроме того, согласно техтребованиям, ракета должна быть способна выводить спутники (массой 8 т) на геопереходную и (5 т) геостационарную орбиты, запускать модули орбитальных станций и платформ (не менее 20 т) на низкую околоземную орбиту.

Предусматривается разработка двух вариантов (двух- и трехступенчатого) тяжелого носителя для запусков с космодрома Восточный в Амурской области. В технических требованиях указано, что при подготовке к пуску все операции с момента начала заправки ракеты должны осуществляться



ся автоматически, без участия персонала.

Возможно, именно эта тяжелая ракета окажет решающее значение на облик будущего российского космодрома как комплекса сооружений, оборудования и земельных участков, предназначенного для обеспечения запусков космических аппаратов. Новый носитель относится к классическим многоступенчатым ракетам, которые еще долго будут основным транспортным средством в космонавтике. От их характеристик зависят параметры не только пускового центра, но и трасс полета ракет, вдоль которых расположены измерительные пункты.

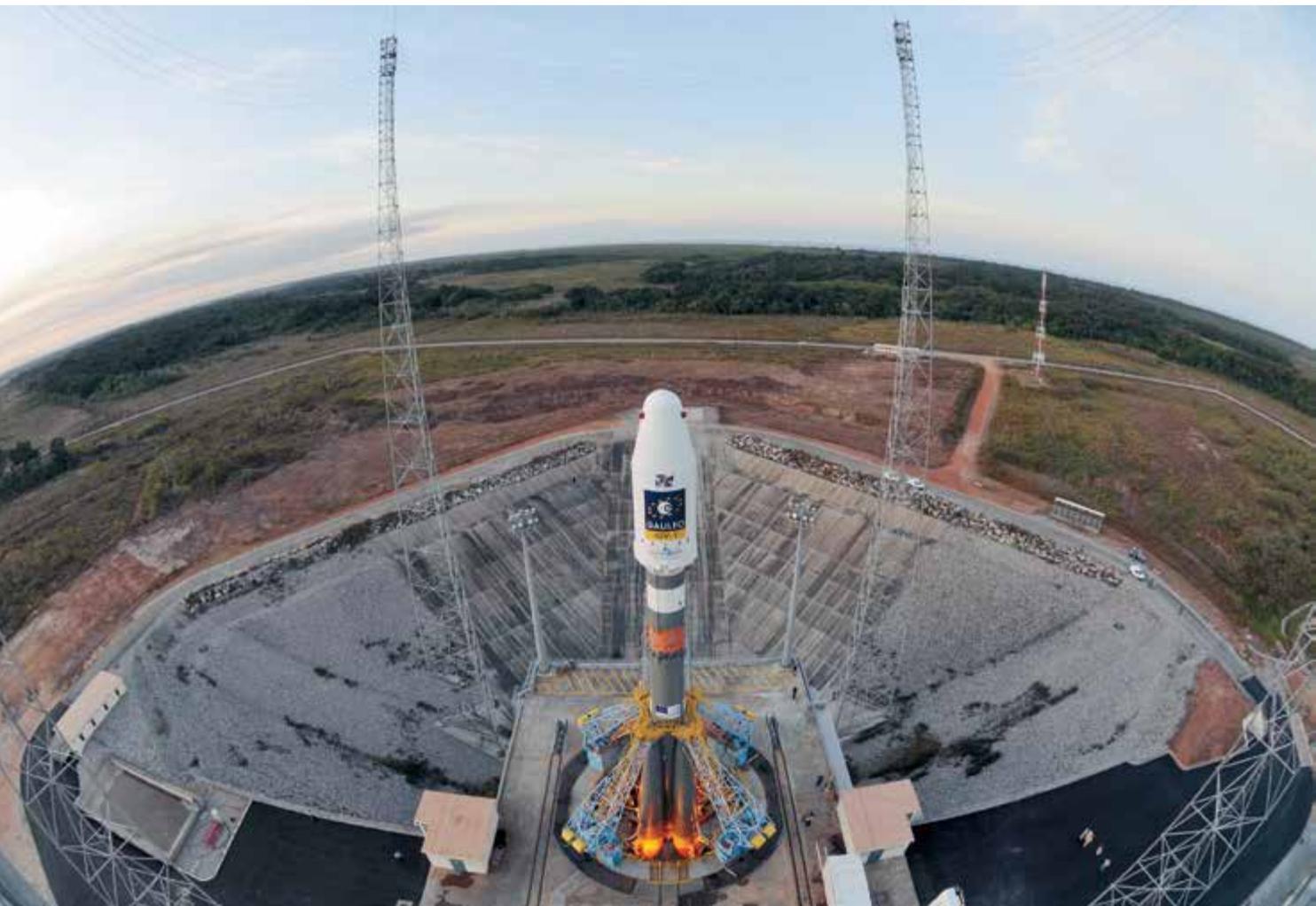
Кроме того, величиной отделяемых частей (ступеней, ускорителей, обтекателей) определяются координаты и площади зон отчуждения земельных участков под поля падения. Поскольку сегодня мы планируем поговорить о технико-экономических закономерностях и взаимосвязях, возникающих в процессе проектирования, строительства и эксплуатации современных космодромов, то, имея в виду указанное выше, сузим область внимания до центров, предназначенных для запуска именно тяжелых и сверхтяжелых ракет\*.

Первостепенное значение имеет географическое расположение. Первые космодромы

создавались на базе ракетных полигонов — отсюда и «родимые пятна». Например, американцы строили центры для летных испытаний дальних ракет на берегу океанов, что снимало проблему с зонами отчуждения. По тому же пути шли французы. С англичанами было чуть сложнее — большая часть трассы ракетного полигона Вумера лежала внутри австралийского континента, но тоже в конце пути «выходила в море». Японцы и индийцы с боевыми ракетами не заморачивались: они строили космодромы «с нуля», но также на морском берегу. В Советском Союзе и Китае сам факт создания и испытания любых ракет



\* В конце-концов, формально космодромом является и пара переоборудованных нефтяных платформ (San-Marco и Santa-Rita), установленных на сваях вблизи побережья Кении недалеко от города Малинди. Этот итальянский объект, известный сейчас как «Космический центр имени Луиджи Брольо», с марта 1964 по март 1988 года использовался для пусков легких американских четырехступенчатых PН Scout. Из-за исключительно малых размеров первый в мире «морской космодром» едва ли представляет интерес для читателей.



был совершенно секретным, и ракетные полигоны располагали подальше от посторонних глаз — внутри континента, в малонаселенной труднодоступной местности.

Место для возведения наиболее современных космодромов выбирается из других соображений: безопасности и удобства расположения полетных трасс, а также близости к экватору. Последнее решение обусловлено парой факторов. Во-первых, линейная скорость суточного вращения земного шара (на экваторе — 465 м/с) позволяет выиграть приличную массу (максимум до 5-7%) полезного груза при выведении на низкую околоземную орбиту. Но главное не в этом: чем ближе к экватору, тем меньше

затраты энергии для изменения наклона орбиты при выведении спутников на геостационар. Например, при старте из Байконура затраты характеристической скорости для выведения стационарных спутников связи составят 4900 м/с, а при старте с экватора — почти на 1000 м/с меньше.

Если говорить о космодроме как сложной системе объектов и средств, то идеальным будет тот, который решает целевые задачи (в данном случае — по надежному выведению космических аппаратов на заданную траекторию полета) с наименьшей стоимостью. Последняя складывается из цены средств выведения, затрат на снабжение (логистику) и собственные услуги космодрома и

наземных измерительных пунктов, а также отчислений на содержание зон отчуждения.

Стоимость разработки и производства ракет-носителей не является предметом обсуждения в данной статье. Тем не менее: не смотря на то, что современные средства выведения, как правило, активно «работают» десятки минут, их общий жизненный цикл довольно продолжителен. В ряде случаев после изготовления ракету отправляют на склад или хранилище на космодроме — в «накопитель», призванный сглаживать несоответствия ритма производства с темпом пусков. Там же с изделием проводят регламентные работы. В частности, под Тамбовом еще в сталинские времена был организован крупный

арсенал для хранения баллистических ракет, а позже — носителей, космических аппаратов и разнообразного оборудования. Продолжая мысль: в советские времена на космодроме Байконур построили хранилище на несколько десятков (!) ракет «Протон».

Строительство и содержание такого «накопителя» — дело дорогостоящее. Поэтому, совершенствуя технологии средне- и краткосрочного планирования, можно снизить запасы минимального (сейчас — одна рабочая и одна запасная ракета), соответственно уменьшив потребный размер хранилища. А учитывая невысокий темп пусков тяжелых и сверхтяжелых носителей, специальное сооружение можно вообще не строить, поскольку его функцию спокойно выполнит монтажно-испытательный корпус (МИК).

Немалое значение имеют прямые транспортные затраты по доставке средств выведения на космодром. Выбор способа транспортировки неоднозначен и тесно связан со способом сборки носителя. При этом желательно, чтобы технологическое деление ракеты на транспортные сборки совпадало с конструктивным делением на ракетные блоки. В идеале, изделие должно поступать с завода-изготовителя на космодром в уже собранном виде, тогда его можно сразу установить в пусковое устройство и, после соответствующих проверок, пустить. К сожалению, возможности транспортных средств не позволяют продлевать подобное с тяжелыми носителями.

Число и тип технологических разъемов существенно влияют на стоимость сборочных работ, выполняемых на космодроме, а значит, и на экономическую эффективность ракеты в целом. Рассмотрим

такой вариант: полуфабрикаты сравнительно небольших габаритов с минимальными затратами поступают по железной дороге, но из-за большого их количества затраты на сборку ракеты оказываются максимальными. Напротив — доставка крупных блоков (например, ступеней в сборе) авиационным транспортом — самая дорогая, зато стоимость интеграции носителя — минимальная. К примеру, баки Н-1 доставлялись на Байконур в виде сравнительно компактных заготовок-«лепестков», а корпусные детали — как набор панелей и разъемных силовых шпангоутов. Сварка-сборка и многочисленные сопровождающие их контрольные операции проводились на космодроме в специально построенном огромном корпусе. Учитывая, что региональный коэффициент зарплат для Байконура составлял 1,4, «лунная ракета» влетала в копеечку. Наоборот: сборка «Союза» или «Протона» в МИКе из конструктивно законченных ракетных блоков, произведенных и полностью испытанных на заводе-изготовителе, сравнительно недорого, поскольку сводится к соединению небольшого числа механических, электрических и пневмогидравлических интерфейсов.

Способ транспортировки блоков на космодром во многом зависит от традиций.

В Соединенных Штатах, например, первоначально все ракеты доставляли на полигоны авиационным транспортом — самолетами С-133. Затем, когда началась лунная гонка, и американцы приступили к разработке тяжелых и сверхтяжелых носителей, они попытались возить ступени с повышенными габаритами на значительно переделанных «Боингах-377», названных Pregnant Guppy. Однако гораз-



до проще и дешевле (хотя и дольше) оказался путь на баржах с завода в Мичуде (близ Нового Орлеана) по Миссисипи вплоть до Флориды.

Европейские космодромы строились в разных концах света, очень далеко от заводов-изготовителей, и ракеты попасть туда могли лишь по морю или по воздуху.

В 1960-х годах применительно к Байконуру рассматривались различные способы транспортировки крупногабаритных ракетных блоков: на самолете, по воде (маршрут «Волга — Каспийское море — специальный канал — Арал — Сырдарья — Байконур»), по автомобильной (специально построенной) или железной (уже имеющейся) дороге. Од-



*\* Серийный самолет Ан-124 «Руслан» может доставлять блоки диаметром до 4.2...4.3 м и длиной 36.5...42 м, т.е. лишь немногим более чем по железной дороге. Ан-225 «Мрия» может перевозить на внешней подвеске блоки диаметром до 8...10 м и длиной до 70 м, но увы, этот самолет построен в единственном экземпляре и эксплуатируется в коммерческих целях. Еще один воздушный перевозчик — ЗМТ (он же ВМ-Т) — существует в двух экземплярах, и оба стоят «на приколе» из-за выработки ресурса двигателей.*

нако большая часть «экзотики» обходилась слишком дорого. Например, прокладка специального канала могла затянуться на многие годы и обойтись в средства, сопоставимые по размерам со строительством еще одного космодрома.

На тот момент была принята (и с тех пор закрепилась) железнодорожная транспортировка по возможности более крупных блоков. Важнейший ее недостаток — резкие ограничения габаритов перевозимых частей, определяемые особенностью путей (шириной и расстоянием между колеями, радиусом поворотов и размерами тоннелей): не более 4.1 м в ди-

аметре и не более 18 м длиной, да и то с остановкой встречного движения. При уменьшении диаметра до 3.9 м длину блока можно было увеличить до 31 м без остановки встречного движения. Так поступили разработчики «Зенита»; правда, им пришлось согласовывать с Министерством путей сообщения мероприятия по устранению препятствий по маршруту транспортировки!

Для ракет тяжелого и сверхтяжелого класса ограничения по габаритам блоков, накладываемые железной дорогой, могут стать ахиллесовой пятой. Например, в случае принятия положительного решения о пилотируемой лунной экспедиции российский керосиновый «стотонник» комплектуется как минимум из семи транспортабельных блоков. Применение жидкого водорода позволяет уменьшить стартовую массу ракеты и число сборочных единиц железнодорожного габарита. Увы, саму водородную ступень в этом случае придется возить на космодром другим транспортом.

Вполне реальный способ доставки — по воздуху. Правда, из-за ограничений\* российские ракетчики сторонятся авиационной транспортировки как черт ладана, а зря... Перспективы здесь есть. Например, среди «фанатов» пользуется популярностью виртуальная переделка самолета Ил-96-400Т в перевозчик по типу западноевропейского Airbus A300ST Beluga.

Вообще, выбор оптимального — по минимуму затрат — способа доставки на космодром и сборки носителя вполне поддается расчету. Он достаточно сложен, но можно полагать, что изготовление ракет на космодроме целесообразно при очень больших стартовых массах, когда дробление на модули выходит

за все мыслимые пределы, или блоки начинают залезать за габариты любых существующих средств доставки. Например, превышают по диаметру 10-12 м и по длине 50-70 м.

Важным фактором, определяющим эффективность космодрома, является число, размеры и координаты зон отчуждения. Здесь принцип простой — чем меньше, тем лучше. Например, для пуска ракет типа «Союз» из Байконура на территории Казахстана организованы две зоны — для боковых блоков и головного обтекателя. Учитывая разброс траектории падения отделяемых частей за счет различных возмущений — ветра, вариаций плотности атмосферы, кинематических параметров в момент отделения и аэродинамических характеристик — размеры зон падения могут быть весьма большими, площадь в сотни квадратных километров. Очевидно, что вывод земель из оборота — болезненный удар для народного хозяйства. Поэтому площадь и число зон отчуждения стремятся минимизировать, выводят их в ненаселенные районы. К сожалению, это не всегда возможно, поэтому сейчас некоторые ракеты вынуждены выполнять сложные пространственные маневры, чтобы «попасть» в нужную зону, отсюда — потери энергетики.

Для минимизации затрат число и площадь зон отчуждения стоит стремиться свести к нулю. Этим требованиям отвечают космодромы на берегу океана — отработавшие ракетные блоки падают в нейтральные воды. Как хорошо: никаких затрат на поля падения! Но Байконур, Плесецк или Капустин Яр далеки от океанских просторов, поэтому в лоб проблему с отчуждением земель здесь решить трудно. Полностью закрывают вопрос одноступенчатые ракеты, но более-



менее совершенные «одноступи» появятся еще нескоро.

Задачу можно решить с помощью возвращаемых к месту старта многоразовых ракетных блоков вроде небезызвестного «Байкала», разработанного в рамках проекта «Ангара». Выполнив свою функцию, ступень совершает программный разворот, используя подъемную силу крыла, и возвращается на аэродром неподалеку от места старта. Способ хорош, когда на космодроме есть инфраструктура для ремонтно-восстановительных работ. В противном случае, целесообразнее сажать многоразовые блоки поближе к тем ме-

стам, где требуемые средства имеются. Но тогда придется решать вопрос доставки отремонтированного блока к месту старта. Впрочем, если модуль способен к самостоятельным полетам, этот недостаток не существен.

К сожалению, и до многоразовых (пусть даже частично) средств выведения у конструкторов, что называется, «руки не доходят». Что же делать с существующими одноразовыми носителями?

Для них рассматриваются попытки сокращения размеров районов падения. Во-первых, это управляемый спуск. Как известно, в баках ступени после

отделения остается довольно значительный остаток топлива и газов. Если удастся его утилизировать в реактивной системе управления спуском, точность приведения в зону падения можно существенно повысить, а площадь зоны соответственно сократить. Во-вторых, можно дробить отработанные блоки после разделения ступеней на фрагменты с более определенной аэродинамикой, что, по идее, должно привести к уменьшению разброса точек падения.

В общем, здесь есть над чем подумать и поработать.

Наконец, определенных — и опять-таки немалых — де-



нег стоят услуги самого космодрома. К ним можно отнести амортизацию стартовых и технических комплексов, других зданий и сооружений, а также различных коммуникаций, зарплату персонала, стоимость компонентов ракетного топлива и другие подобные расходы. Понятно, что ряд затрат зависят только от параметров средств выведения (например, стоимость компонентов топлива).

Наиболее важный, сложный и дорогой компонент инфраструктуры космодрома —

стартовый комплекс (СК). Его стоимость, в первом приближении, определяется стартовой массой и габаритами носителя. Кроме того, большую роль играют компоновочная схема и тип топлива ракеты. Например, при равной стартовой массе моноблочный носитель будет существенно выше скомпонованного пакета. Соответственно, усложняются пневмогидравлические и электрические магистрали — их надо «тянуть» на десятки метров вверх, либо вводить дополнитель-

ные кабель-заправочные мачты, растут в размерах высотные сооружения вроде башен обслуживания. При пакетной компоновке почти все интерфейсы «земля-борт» можно разместить на нижнем торце ракеты, упростив и удешевив подводящие конструкции.

СК тяжелых и сверхтяжелых носителей очень дороги — затраты на их постройку исчисляются сотнями миллионов долларов. Поэтому, если после закрытия программы есть возможность реконструировать уже имеющий-

ся комплекс под новое изделие, так и делают. Пример такого подхода — комплекс LC-39 на мысе Канаверал, построенный для пуска ракет Saturn-5 и Saturn-1B. После завершения лунной программы его реконструировали под шаттлы, а затем, уже «в новейшее время» — под проект Constellation. Правда, Ares I слетал отсюда всего один раз, да и то в полумакетном исполнении. Ares V остался на бумаге, и сейчас комплекс переоборудуется под Космическую пусковую систему SLS (Space Launch System). Также поступили и в Советском Союзе, где на 110-й площадке космодрома Байконур был построен грандиозный стартовый комплекс для ракеты Н-1. После закрытия лунной программы он был переделан\* для пусков «Энергии».

Таким образом, прежде чем ввязываться в постройку нового грандиозного СК, надо как следует проанализировать возможность использования уже имеющихся комплексов вплоть до выбора компоновки ракеты исходя из такой возможности. На Байконуре есть как уже упомянутый СК на площадке 110, так и универсальный комплексный стэнд-старт (УКСС) на площадке 250\*\*. Несомненно, в случае принятия решения о размещении здесь КРК сверхтяжелого класса, именно эти объекты должны в первую очередь рассматриваться в качестве пусковых площадок.

Вообще путь модернизации имеющихся СК под новые носители принят повсеместно. Если позволяет размерность ракеты, даже очень «древние» стартовые сооружения переделываются, переоборудуются и достраиваются. Американский опыт говорит о рациональности таких работ. А вот российский\*\*\* срабатывает не всегда — многое

зависит от сохранности и комплектации существующих сооружений.

Но работа с инфраструктурой не исчерпывается оптимизацией СК. Так, ни к чему строить водородный завод на космодроме, если потребность в криогенном горючем не превышает пары десятков тонн (для верхних ступеней и/или разгонных блоков). Водород можно привозить со стороны в термостатированных емкостях, что будет дешевле и — уж во всяком случае — проще, чем строить даже самый маленький водородный заводик. Такое же решение может быть принято и в отношении других криогенных компонентов.

Компактное размещение сооружений, оптимальная прокладка коммуникаций, а также грамотное проектирование и строительство способны существенно снизить затраты на амортизацию инфраструктуры. К примеру, южнокорейский космодром Наро занимает площадь всего лишь около 5 кв.км. Сравните с 6717 кв.км у Байконура, и «почувствуйте разницу»!

Сократить затраты можно и уменьшив численность персонала путем автоматизации предпусковых операций и самого пуска. Но такой подход мало пригоден при невысоком темпе пусков — капитальные затраты не скоро окупятся.

Итак, если суммировать все вышесказанное, то для тяжелого носителя идеальным будет космодром площадью в несколько квадратных километров, расположенный на океанском побережье близ экватора, с ракетным заводом по соседству. Ракеты с него стартуют в автоматическом режиме. Но, как и все идеальное, такой объект вряд ли возможен. Даже довольно поверхностный анализ, сделанный выше, показывает, как тесно связаны



между собой географическое расположение, характеристики средств выведения, наличие развитой транспортной инфраструктуры, расположение производственной базы. Учесть взаимодействие этих факторов весьма непросто. Особенно трудно оптимизировать параметры уже существующих космодромов, таких, как Байконур или Плесецк. Но и здесь есть определенные возможности, связанные как с совершенствованием средств выведения, так и пусковой инфраструктуры. ■

\* А еще раньше на него «положил глаз» В.Н.Челомей, который предлагал сделать разработку Н-1, сосредоточить все силы на своем носителе-УР-700, используя для его стартов дооборудованный комплекс на 110-й площадке

\*\* Основной претендент на переделку УКСС — комплекс «Байтерек»

\*\*\* Здесь, главным образом, надо вспомнить переделку недостроенного «зенитовского» СК в Плесецке под носители семейства «Ангара»: работы идут долго и тяжело...

# Выдающийся испытатель

## Памяти Александра Александровича МАКАРОВА

**Игорь АФАНАСЬЕВ,**

независимый эксперт в области ракетно-космической техники,  
редактор журнала «Новости космонавтики»,  
Россия

**Дмитрий ВОРОНЦОВ,**

независимый эксперт в области ракетно-космической техники,  
Россия



24 августа на семьдесят пятом году жизни умер выдающийся организатор испытаний ракетно-космической техники, бывший руководитель Научно-исследовательского института химического машиностроения (НИИХИММАШ), советник генерального директора ГКНПЦ имени М.В.Хруничева **Александр Александрович МАКАРОВ.**

А.Макаров родился 14 августа 1938 г. в Севастополе в семье работницы заводы и военного летчика. Детство будущего испытателя было пропитано небом. «Я эти самолеты видел, у меня и моих школьных друзей летали отцы, — рассказывал Александр Александрович в одном из интер-

вью. — Поэтому я хотел быть летчиком». Однако в летное училище его не приняли по состоянию здоровья из-за повышенного артериального давления, и после окончания школы в 1955 году он поступил в Казанский авиационный институт (КАИ).

После окончания института в 1961 году А. Макарова распределили в НИИХИММАШ. Там он работал инженером, старшим инженером, начальником стенда, начальником отдела, заместителем директора. Первыми объектами, которые испытывал молодой специалист, были кислородно-водородные двигатели разработки КБ А.М. Исаева и А.М. Люльки. Вскоре Алек-

сандр стал начальником стенда уникального водородного комплекса, в 1961-1972 годах принимал личное участие в 800 огневых испытаниях кислородно-водородных двигателей. Позже под его руководством создавалась крупнейшая в Европе камера КВИ-8500 для тепловакуумных испытаний крупногабаритных космических аппаратов. С использованием высокого вакуума и искусственного Солнца и звезд объект обеспечивал почти полную имитацию космических условий за исключением невесомости.

Значительная часть жизни Александра Александровича неразрывно связана с космодромом Байконур. Приказом Министра общего машиностроения от 5 марта 1976 г. за №682 НИИХИММАШ был введен в перечень основных исполнителей работ по созданию многоразовой космической системы и назначен головным исполнителем по строительству стендовой базы на территории Байконура и проведению огневых испытаний ракетных блоков свертяжелого носителя «Энергия». Группа специалистов НИИХИММАШ и других профильных институтов обследовала территорию космодрома и подготовила предложение



о размещении стенда в 4 км севернее стартового комплекса лунного носителя Н-1 на 110-й площадке. Сотрудники НИИ-ХИММАШ в тесном контакте с коллективами головных разработчиков системы «Энергия-Буран» и наземной инфраструктуры выпустили эскизный проект универсального стендового комплекса.

Работа велась с учетом масштаба задач и постоянно меняющегося облика разрабатываемой системы «Энергия-Буран». При уточнении перспективных задач родилась идея двойного использования комплекса: на первой стадии — в качестве стенда и на второй — как пускового устройства. Таким образом возможности объекта существенно расширились. Кро-

ме того, он мог эксплуатироваться как гражданскими, так и военными специалистами. На рубеже 1976-1977 годов появилось и было закреплено в технической документации новое название испытательной базы — Универсальный комплекс «стенд-старт» (УКСС).

База располагалась на двух площадках. На одной — основные сооружения, технические системы и технологическое оборудование, стартовое сооружение с пусковым устройством, хранилища компонентов топлива и сжатых газов, системы заправки, газоснабжения, термостатирования, газового контроля, пожарной защиты. На другой площадке находились главный командный пункт управления, а так-

же вспомогательные сооружения и компрессорная станция, котельная, склады и ряд других систем.

Обе площадки связаны между собой железной и шоссейной дорогами, эстакадой с электрическими, пневматическими и гидравлическими коммуникациями. С техническим комплексом ракеты-носителя УКСС связывали обычные железная и шоссейная дороги, а также специальный железнодорожный путь, по которому транспортно-установочный агрегат доставлял ракету на стенд-старт.

Комплекс включал в себя 203 строительных здания и сооружения, 213 технических систем и 57 технологических систем и агрегатов. Стоимость



разработки и создания УКСС на конец 1987 года составляла 592 млн руб., из которых 304 млн приходилось на технологическое оборудование и 288 млн — на капитальные вложения.

Сложнейшие задачи строительства небывалого сооружения, не имеющего аналогов в ранее созданной отечественной экспериментальной и стендовой базе для испытаний ракетной техники, вызвали потребность в решительном волевом руководителе, который мог бы наладить работу по постоянному поиску новых технических и организационных решений. Им стал Алек-

сандр Александрович. В октябре 1982 года, когда ему исполнилось 44 года, он возглавил работы по организации строительства и эксплуатации УКСС в должности заместителя директора института.

«Я приехал на Байконур, когда там уже полным ходом шло строительство. Численность отряда строителей на начальном этапе достигала 45 тысяч человек, были заключены договоры с сотнями промышленных, монтажных и специализированных организаций. Не зря же тогда говорили, что «на космос работает вся страна». Это была настоящая мужская

работа. Темпы строительства объекта, организация деятельности сопутствующих строительству и эксплуатации стенда служб и подразделений диктовали условия жизни огромного коллектива. Необходимо было решать не только научные, но и бытовые проблемы... Непостижимым образом, но на всю эту машину хватило сил и знаний... Здесь-то в полной мере и проявились характер и жизненные принципы человека, сумевшего объединить в себе опыт преподавателей КАИ, давших научные знания и навыки практической работы, полученные от старших наставников уже в НИИХИММАШ», — вспоминал А.А.Макаров.

Александр Александрович был одним из руководителей первого пуска системы «Энергия» 15 мая 1987 года, обеспечивая взаимодействие систем полигона, УКСС и ракеты-носителя. Огромный научный и практический вклад он внес в обеспечение безопасности и безаварийной работы с большими массами криогенных компонентов топлива. Именно наличие небывалых объемов этих веществ в районе старта представляло особую опасность. По расчетам, в случае взрыва тротиловый эквивалент «Энергии» превышал 800 т — мощность тактического ядерного боеприпаса. Решительность и профессионализм А.А.Макарова позволили успешно справиться с нештатной ситуацией, возникшей в ходе проведения огневых испытаний ракеты «Энергия» №5С 22 февраля 1986 года.

Итогом напряженной работы коллектива НИИХИММАШ и лично А.А.Макарова стал один из сложнейших и крупнейших объектов современной инфраструктуры ракетно-космической техники. УКСС — единственный в мире комплекс, способный обеспе-



чить пуск сверхтяжелых ракет грузоподъемностью до 200 т. Вплоть до настоящего времени он являлся наиболее современным и перспективным объектом пусковой инфраструктуры Байконура.

Авторитет Александра Александровича был очень велик: в результате прямых выборов трудовой коллектив избрал его директором. Годы его правления (1988–2007) совпали с «перестройкой», разрушением Советского Союза и оказались самыми трудными для института. Все разорено, не было средств. Но он смог удержать основной костяк коллектива,

не дал возможность растащить НИИХИММАШ, сохранил всю стендовую базу (которая очень дорого стоит). Как руководитель градообразующего предприятия, сам, находясь в очень тяжелом положении, он сохранил всю социальную инфраструктуру поселка Новостройка (ныне – город Пересвет).

А.А.Макаров отдал космонавтике 50 лет жизни, из них десять — космодрому Байконур. На всех этапах работы Александр Александрович проявил творческую активность в разработке новых направлений научно-производственной деятельности НИИХИММАШ и

ракетно-космической отрасли в целом.

На различных должностях А.А.Макаров являл собой замечательный пример служения отечеству и профессии. В годы его работы на предприятии было проведено 6709 огневых и 36 тепловакуумных испытаний различных образцов ракетной и космической техники. За свою научно-производственную деятельность и высокие показатели по созданию и освоению образцов новой техники Александр Александрович был награжден орденами Ленина и Трудового Красного Знаме-



ни, многочисленными медалями и ведомственными наградами, занесен в Книгу почета института. Ему присвоены почетные звания «Заслуженный деятель науки РФ» и «Ветеран труда НИИХИММАШ». Он являлся автором 76 научных трудов, автором 50 изобретений, большая часть которых внедрена в производство. По тематике проводимых научно-экспериментальных работ А.А.Макаров в 1997 году защитил диссертацию на степень доктора технических наук. В 1994 году он был избран действительным членом Академии космонавтики имени К.Э. Циолковского.

Увы, нет ничего вечного в этом мире. Ушел из жизни и Александр Александрович. Проводить в последний путь пришли только самые близкие его друзья и коллеги, которые сохраняют самое главное о хорошем человеке — память.

«Очень трудно, когда уходят люди, с которыми связана практически вся твоя сознательная жизнь, — сказал во время прощания бывший директор ГКНПЦ имени М.В. Хруничева В.Е.Нестеров. — Они многому тебя научили, всегда были примером того, как нужно трудиться, работать, вести себя в своей семье, как воспитывать детей и внуков. Я очень признателен Александру Александровичу за то, что судьба свела меня с ним».

«Это легендарный человек, — отметил председатель Сергиево-Посадского районного Совета депутатов К.В.Негурица. — Его стараниями, его трудами было выполнено очень много космических программ Советского Союза. Последняя такая крупная работа, в котором мне посчастливилось вместе с ним участвовать, это были испытания ракетно-космического комплекса «Энергия-Буран» на Байконуре.

Это был специалист во всех отраслях космической техники, испытания, запуск. Он был очень уважаемым человеком».

«Если б его за каждую большую работу отмечали, как у нас наверху заведено... — говорит бывший директор филиала НИИХИММАШ А.М.Свинарев, — то у него было бы на порядок больше всех титулов, званий и наград. Он брался за большое дело смело, был человеком авантюрного склада характера, шел вперед и никогда не перед кем не отступал. Вот это его основное кредо...».

«Продолжал трудиться здесь, восстанавливал город, — отметил заместитель директора НПФ «Космотранс» С.Н.Соловьев. — Что мог, он делал, но делал действительно великое дело...»

«Александр Александрович, о тебе останется самая светлая память, — сказал бывший министр общего образования СССР О.Д.Бакланов. — За твоими плечами большой коллектив, прекрасная семья... Все, что ты делал, было сделано на пользу нашего народа, человечества. Ты был у истоков освоения космического пространства, и это большая честь для любого человека нашей Земли. Ты всегда был нужен людям, думал о их благополучии. На работе ты был незаменим, потому что всегда был в первых рядах научно-технического прогресса».

Человек масштаба А.А. Макарова не умирает весь. После него остался замечательный коллектив ведущего испытательного центра России, продолжают летать испытанные под его руководством изделия. На космодроме Байконур грандиозным памятником Александру Александровичу стоит комплекс «стенд-старт». Имя А.А.Макарова навсегда останется в истории мировой и отечественной космонавтики. ■

25 августа 2012 года, на 83-м году жизни скончался Нил Армстронг — первый человек, побывавший на Луне.

В июле 1969 года Армстронг возглавил экипаж космического корабля «Аполлон-11», задачей которого была посадка на Луну. 20 июля 1969 года Армстронг стал первым человеком в истории, ступившим на поверхность Луны. Вместе с напарником Эдвином «Баззом» Олдрином он провел на естественном спутнике Земли около двух с половиной часов.

Нил Олден Армстронг (Neil Alden Armstrong) родился 5 августа 1930 года в городе Вапаконета (Wapakoneta) в штате Огайо. Армстронг проходил службу в авиации ВМС США, в рамках которой в 1951-1952 годах участвовал в Корейской войне, совершив в общей сложности 78 боевых вылетов.

После военной службы Армстронг работал пилотом-испытателем, а в 1962 году он был включен в состав отряда астронавтов NASA. В 1966 году он совершил свой первый полет в космос в составе миссии «Джемини-8». В 1971 году Армстронг покинул NASA и впоследствии занялся преподавательской деятельностью и бизнесом.

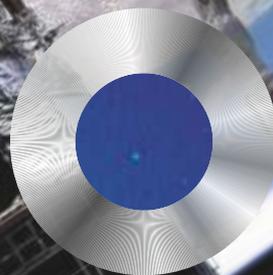
Нил Армстронг в последние годы активно поддерживал новые проекты исследования Дальнего Космоса, выступал с обращениями к руководству США о необходимости развития пилотируемой космонавтики. Его мнение было серьезным аргументом для всех специалистов, занимающихся практической космонавтикой. Грядущее возвращение Человечества на Луну, создание там постоянного поселения будет лучшим памятником великому Астронавту и Человеку.



# cosmos.kz

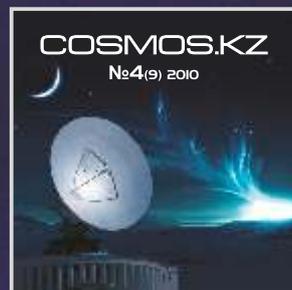
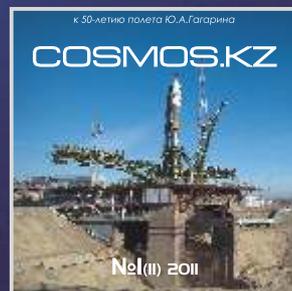
The first TV program  
on space technologies  
in Kazakhstan

# COSMOS.KZ



# №1(6)

© Space Energy 2011



[www.cosmos.kz](http://www.cosmos.kz)