

средней школы. Ученики найдут такие уроки интересными, стимулирующими их собственную работу по другим предметам, а также раздвигающими рамки их занятий информатикой.

Использование компьютеров в различных предметных областях может привести к тому, что некоторые разделы информационных технологий будут осваиваться без введения отдельного курса.

## TRAINING IN COMPUTER SCIENCE IS AN INTEGRAL PART OF AEROSPACE EDUCATION

I. V. Fedorenko, Yu. A. Zhurba

This article is devoted to some problems on teaching computer science in aerospace school. In particular, the method of integrated lessons (for instance, astronomy and information technology, the history of the Universe and information technology, etc.) is suggested for introducing in aerospace school.

УДК 629.76/.78

## ДИНАМИКА НАПРАВЛЕНИЙ ОСВОЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

© O. E. Джур

Дніпропетровський національний університет

Розглянуто тенденції розвитку перспективних для України сегментів ринку космічної техніки та послуг.

Освоение космоса по-прежнему остается самой масштабной и сложной в техническом исполнении задачей. Поэтому вопрос о целесообразности вложений в исследование и освоение космоса при напряженном социально-экономическом состоянии народного хозяйства Украины требует конкретизации и сосредоточения усилий на перспективных направлениях.

Хотя рынок космических товаров и услуг является относительно новым, однако составляет важную часть мировой экономики и напрямую обуславливает политические и экономические взаимоотношения отдельных стран, а также политических и экономических союзов. В общем виде, рынок космических товаров и услуг представлен четырьмя секторами:

- коммерческие системы спутниковой связи;
- дистанционное зондирование Земли;
- получение на коммерческой основе высокочистых материалов в условиях микро гравитации;
- коммерческое использование средств запуска.

Следует отметить также гражданскую и военную направленность разработок на данном рынке.

События 11 сентября 2001 г. способствовали изменению концепции, структуры и динамики развития космического бюджета основных «игроков» рынка космических товаров и услуг. Подобные исторические события обычно приводят к серьезному переделу на рынке, изменяют стратегические зоны хозяйствования как отдельных космических товаров и услуг, так и вторичного рынка, где эти космические товары и образцы внедряются.

Данные факты требуют постоянного согласования вопросов стратегических приоритетов и возможностей: вкладывать деньги в новые технологии или опираться на уже освоенные. Эти вопросы являются очень актуальными для Украины с ее ограниченными финансовыми возможностями и особым геополитическим положением. Требуется постоянный учет баланса между наследственной политикой в осуществлении космических программ и разработкой новых стратегических направлений, что требует от правительства конкретных действий.

Одним из важных событий в этом направлении является Указ Президента Украины «Про заходи щодо використання космічних технологій для інноваційного розвитку економіки держави» от 6.02.2001, в котором сформулирована концепция структурной перестройки и инновационного развития космической отрасли.

Для Украины — молодой, самостоятельной страны особо важно выделить и развивать те направления космического бизнеса, которые поддержали бы ее экономику и экономически и политически в достаточно жесткой конкурентной мировой среде.

Как известно, Украина выполнила свои обязательства перед мировым сообществом в связи с подписанием Лиссабонского протокола по договору «Старт-1» и ликвидировала стратегическое наступательное вооружение в Украине. Своими последующими действиями Украина активно пытается реализовать свои коммерческие планы в гражданской сфере развития космического рынка, создавая для этого соответствующую законодательную базу.

Принимая во внимание предыдущий опыт разработок и уже созданную инфраструктуру ракетокосмического рынка, для Украины наиболее перспективным является развитие рынка космических товаров и услуг, связанный с оказанием коммерческих пусковых услуг на базе ракет-носителей «Зенит», «Циклон», «Днепр» а также космических систем и спутников разного назначения. Поэтому далее будут раскрыты тенденции только по этим направлениям.

По предварительным оценкам в 2001 г. космическая отрасль Украины имела в среднем 15–17 % роста по всем основным экономическим показателям. Всего было проведено 6 пусков: в марте и мае пуски РН «Зенит-3SL» с морской платформы по программе «Морской Старт», в июле запуск с Плесецка РН «Циклон-3» космического аппарата «АУОС-СМ-КФ», в декабре — три пуска «Зенит-2», «Циклон-2» с космодрома «Байконур» и «Циклон-3» с космодрома Плесецк. Сейчас Украина эксплуатирует на зарубежных космодромах пять своих космических ракетных комплексов: «Зенит-2», «Зенит-3SL», «Днепр» «Циклон-2», «Циклон-3». Подобный факт, безусловно, требует значительной финансовой поддержки, которая должна осуществляться за бюджетные и поза бюджетные средства.

Следует отметить, что одним из перспективных космических проектов является проект по созданию космического ракетного комплекса «Циклон-4» (основные участники — Днепропетровские ГКБ «Южное» и ПО «Южный машиностроительный завод», Харьковское ОАО «Хартрон», а также итальянская FIAT-AVIO, строительство осуществляет бразильская Infraero, кроме того, свой интерес проявляют американские фирмы). Кроме того, Украина планирует осуществить запуски РН «Маяк» с использованием технологий носителя «Зенит-3SL» комплекса «Морской старт» через 4–5 лет (2005–2006 гг.). Данные ракетоносители предполагается использовать во время транспортных операций, когда использование национальных РН «Зенит» и «Циклон» нерентабельно или невозможно. «Маяк» будет работать на чистых компонентах топлива, что повысит возможность его использования в международных космических проектах. На первой ступени трехступенчатой ракеты «Маяк-12» (масса ПГ — 1.7 т на орбите высотой до 500 км) предполагается установить два двигателя РД-120, разработанных российским НПО «Энергомаш», на второй — одного РД-120, а на третьей — одного РД-8 разработки самого ГКБ «Южное». РН «Маяк-23» должна обеспечить доставку груза массой до 3 т на геостационарную орбиту (ГСО). В качестве стартовых площадок для новых носителей рассматриваются кос-

модром Алкантара в Бразилии и ракетный полигон Оверберг в Южной Африке.

Следует отметить, что рынок пусковых услуг является очень насыщенным и с каждым годом все сложнее на нем конкурировать. Лидерами являются США и страны Европы (члены ЕКА), кроме того, на него постоянно внедряются новые страны. Подобная ситуация обуславливает дальнейшее нахождение снижения затрат на разработку и производство РН.

При анализе тенденций развития данного сектора мировым лидером США наблюдается тенденция к созданию смешанного флота космических носителей различного класса и конструкций. В целом для США прослеживается влияние политического фактора при постановке задач исследования и освоения космоса, как в гражданском, так и оборонном аспекте.

Чрезвычайная сложность и высокая стоимость техники и операций в космосе, а также всеобщее использование результатов деятельности в данной области явились важными стимулами к кооперированию в области космического пространства. Тем не менее, сохраняется высокая конкуренция при получении заказов на разработку РН.

Так фирмы-конкуренты «Локхид Мартин» и «Боинг» занимаются невозвращаемыми РН (программа EELV). Ключевым аспектом этой программы является соблюдение баланса между стоимостью, функциональностью и надежностью систем в соответствии с будущими нормами и требованиями государственного и коммерческого секторов. Фирма «Локхид Мартин» разработала проект носителя «Атлас-V» на базе проверенных элементов, сочетая жидкостную кислородно-керосиновую технологию РН семейства «Атлас» с конструкционным дизайном РН «Титан». В носителе «Атлас-V» будут использованы такие компоненты, как двигатель 1-й ступени РД-180 (производство российской «Энергомаш»: установлен на РН «Атлас-III») и модификация давно эксплуатируемой верхней ступени Centaur. Тяжелая РН «Атлас-V» способна доставлять полезную нагрузку (ПН) массой 13 т на переходную к ГСО. При проектировании носителя «Дельта-II, -III» для перспективного носителя была разработана первая криогенная ступень на базе двигателя RS-68 американской фирмы «Рокетдайн». Уменьшилось количество навесных тяжелых двигателей. Тяжелая РН «Дельта-IV» может выводить ПН массой 13 т на ГСО [5].

Россия также занимается усовершенствованием РН тяжелого класса. Долгосрочная программа предусматривает модернизацию и повышение характеристик РН «Протон» и «Союз» а также создание

серии носителей «Ангара» (концепция программы аналогична американской EELV и основана на использовании для всех версий носителя единой первой ступени с двигателем РД-191 (работает на кислороде/керосине)) производства компании «Энергомаш». В 2001—2005 гг. планируется создать 5 вариантов носителей «Ангара»: легкого класса со стартовой массой 148 т и 170 т, среднего класса — 478 т, тяжелого класса 772 т и 790 т. Тяжелые носители «Ангара» способны доставлять ПН массой 4-5 т непосредственно на ГСО. Предусмотрено возвращение отработанных первых ступеней. Следует отметить, что проект «Ангара» конкурирует с проектами модернизации РН «Протон» и «Союз».

Стратегия стран-участниц ЕКА в области РН предполагает поддержание конкурентоспособности семейства тяжелых РН на базе «Ариан-5», одновременно разрабатывается РН следующего поколения. Более легкие РН решено создавать на основе проекта Vega со сдвигом срока ввода в эксплуатацию с 2003 на 2005—2006 гг. Кроме того, Европейское космическое агентство ESA на саммите (ноябрь 2001 г.) внесло некоторые корректизы в планы развития европейских космических РН. Предложено ассигновать 650 млн евро для завершения разработки в течение пяти лет новой криогенной верхней ступени ESC-B РН «Ариан-5». Для функционирования космодрома Куру требуется приблизительно такая же сумма (640 млн евро) и предполагается одновременное уменьшение эксплуатационных затрат на пуски РН «Ариан-5». Предполагается строительство нового стартового комплекса на космодроме Куру для пусков по программе «Союз» совместно с российскими фирмами. Предполагается кооперация с Россией по программе разработки перспективного многоразового ТКА RLV [C]. Кроме того, есть сведения, что проведенная оптимизация затрат при пусках РН «Ариан-5» с европейского ракетного полигона в Гвинее обеспечила уменьшение стоимости одного пуска на 35 %. Планируется довести эту цифру до 50 %.

4 апреля 2001 г. было объявлено о том, что национальная программа Германии ASTRA дополнилась элементом, который «докажет возможность разработки новой многоразовой транспортной космической системы (МТКС), позволяющей снизить стоимость космических запусков». За разработку прототипа системы — небольшой летающей модели будущего европейского корабля многоразового использования «Феникс» — Федеральное правительство, Земля Бремен, германский Аэрокосмический центр DLR (Кельн), фирма OHB System GmbH (Бремен) и консорциум Astrium готовы выложить 32 млн марок. Предполагается, что разработка,

постройка и испытания «Феникс» а по внешнему виду напоминающего американский шаттл, будут завершены к концу 2003 г. Длина аппарата — около 7 м, размах крыла — 3.8 м, масса — 1200 кг.

Считается, что РН Китая, Индии и Японии смогут играть важную роль в XXI в. в качестве альтернативы известным системам Европы, России и США, хотя их появление на рынке космических запусков встречается с иронией.

Индийская космическая программа реализуется под руководством правительенного департамента космических исследований DOS (Department of Space). Непосредственная организация работ по созданию ракетно-космической техники возложена на космическое агентство ISRO (Indian Space Research Organization). Индия использует взвешенный экономический подход, успешно производит ИСЗ, особенно зондирующие, и высказывает намерение иметь собственные РН. Расходы этой страны на деятельность в космосе в 1997—1998 гг. составили лишь 303 млн долл. в сравнении с 2.8 млрд долл. в Японии. В 2000—2001 финансовом году на нужды Департамента космических исследований выделено около 480 млн, что значительно превышает расходы на ФКП России в 2000 г. В целом космический бюджет Индии по сравнению с предыдущим годом возрос на 17 %.

С 1994 г. Япония производит РН, ИСЗ и космические системы, но ее Национальное агентство космических проектов (NASDA) сталкивается с высокой ценой производства КА и РН в Японии, а также постоянным отставанием от проектных сроков. Поэтому Япония вынуждена была расширить роль частного сектора в национальных космических проектах, чтобы предотвратить отказы в осуществлении космических программ. Следует отметить успехи Японии по запуску РН H-IIA, которая представляет собой улучшенную версию РН H-II. NASDA при разработке РН H-IIA приняло меры к тому, чтобы снизить стоимость РН по сравнению с H-II. Вместо затрат на H-II, равных 160 млн долл. США, затраты на H-IIA составили 71 млн долл. США [1].

Трудности преследуют и китайскую РН «Великий поход», которые удалось преодолеть благодаря техническим советам американских фирм, но передача ракетных технологий вызвала негативную реакцию американского правительства и введение запретов на использование китайской РН. Главной целью всех трех стран является освоение вывода тяжелых ИСЗ на ГСО [3].

В Израиле разработана крупная, но относительно недорогая, новая ракета для запуска коммуникационных ИСЗ, способная конкурировать с РН «Ари-

ан». Новый носитель позволит выводить на орбиту высотой 400 км ПН массой до 1000 кг. Ее стоимость оценивается менее, чем в 70 млн долл.

При анализе рынка пусковых услуг стран-лидеров и конкурентов Украины явно прослеживается активное участие и успехи в разработках многоразовой космической транспортной системы как США так и стран-участниц ЕКА (программа исследований перспективной европейской космической транспортной системы FESTIP).

NASA (США) проводит подготовку к выполнению программы (стоимостью 4.5 млрд долл.) разработки конкурсных проектов по созданию многоразового ТКА второго поколения. Исходные требования NASA к будущему ТКА включают: удельная стоимость запуска на низкую околоземную орбиту ПН не выше 2200 долл./кг, вероятность гибели экипажа ТКА не более  $10^{-4}$ . На основе этого были заключены контракты с рядом фирм по разработке конкретных технических требований к системам перспективного ТКА различных вариантов: одноступенчатый ТКА, двухступенчатый ТКА, концепция ТКА с горизонтальным взлетом и др. [6].

Космические агентства NASDA (Япония) и CNES (Франция) объединяют усилия по исследованию экспериментального японского ТКА Hope-X, как прототипа перспективного многоразового ТКА RLV. США ассигновали 4.8 млрд долл. На исследования в течение пяти лет перспективного ТКА. Европейское космическое агентство ESA планирует усилить кооперацию с Россией по проблеме создания RLV.

Следует отметить, что процесс спада и подъема в авиакосмической отрасли сопровождается процессом поглощения компаний более сильными конкурентами. Так вместо 25 компаний в США, занятых перспективными средствами вывода объектов в космос (SLI) в 1980-х гг. сейчас в этой области действует 4.

Бюджет NASA на 2002 г. составляет 14.5 млрд долл. и отражает смещение приоритетов в аэро- и астронавтике. Внимание фокусируется на долгосрочных целях, достижения которых могут иметь революционный характер. Например, поставлена задача по исследованию и разработке «аэрокосмического самолета 21-го века» с автоматически изменяемой формой крыльев.

Конец ХХ в. ознаменовался усилением таких процессов, как либеризация, интернационализация, глобализация. Все эти процессы были стимулированы достижениями научно-технического прогресса, а именно развитием телекоммуникационных и информационных технологий вместе с интернетом. Развитие подобных направлений стимулиро-

вало увеличение роли международной торговли, трансформации видов и способов ведения бизнеса, а также способствует объединению людей в глобальное общество.

При определение приоритетных направлений развития общества мы часто вспоминаем опыт Японии по созданию в ней так называемой «информационной» экономики. В основе создания такого общества лежит развитие сферы телекоммуникационных систем с использованием средств космической техники.

К развитию деятельности по исследованию и освоению космоса наиболее развитые страны приступили в конце 50-х начале 60-х годов практически одновременно с США. Однако более скромные финансовые возможности этих стран не позволили развивать капиталоемкие направления космической программы. Поэтому создание спутников осуществлялось и продолжает осуществляться по межотраслевой кооперации. Спутники различного назначения были успешно созданы во Франции, ФРГ, Великобритании, Италии, Канаде, Японии, Голландии, Испании. Запуск этих космических аппаратов осуществлялся главным образом с помощью РН США, хотя позже Франция и Япония сами стали в состоянии осуществлять экономически эффективные запуски.

При изучении тенденций рынка коммерческих телекоммуникационных геостационарных ИСЗ в период с 1992 по 1999 гг. отмечены следующие тенденции. На 1995 г. пришелся пик рыночной активности в этой сфере, когда различным производителям были выданы контракты на постройку 47 ИСЗ. Затем произошло снижение интереса к геостационарным связным ИСЗ: в 1996 и 1997 гг. заключено по 25 контрактов. В 1998 г. наблюдался некоторый рост заказов (31 сделка). В 1999 г. произошел скачок, когда на начало августа в портфелях фирм лежала заявка на постройку 31 геостационарного ИСЗ связи. Увеличение объема продаж объясняется стремлением нескольких компаний расширить сферу обслуживания существующих спутниковых систем и освоить новые рынки (GEAmericom, PanAmSat, SES/Astra); возрождение ряда приостановленных проектов (Thaicom 5, Apstar 3); отказом от некоторых проектов связи Ка-диапазона. Однако возникающие проблемы страхования, выдачи лицензий и др. способствуют сокращению возможностей финансирования программ геостационарных телекоммуникационных спутниковых систем.

Отмечается также общая тенденция к миниатюризации ИСЗ, от использовавшихся в 1980—1990 гг. ИСЗ массой 2-3 т до ее снижения после

1990 г. до 300 кг и менее. В настоящее время есть образцы не более 50 кг и размерами 50 см и менее благодаря миниатюризации устанавливаемой аппаратуры. В НИИ космонавтики Министерства просвещения Японии разрабатывается наблюдательный ИСЗ INDEX массой 50 кг и имеющий трехосную стабилизацию. Предполагается его запуск в 2002 г. Существуют планы запуска в космос ИСЗ массой до 1 кг (точное название «наноспутники»). Фирма Aerospace (США) работает над созданием ИСЗ порядка 1 кг, использующего в качестве основного конструкционного материала кремний, который по прочности аналогичен алюминию. В общем следует сказать, что NASA уже представили концептуальную конструкцию нано-ИСЗ цилиндрической формы диаметром 30 и высотой 10 см с массой 1—10 кг «Созвездие» из 100 или более таких ИСЗ стоимостью 500 тыс. долл. каждый предполагается запустить одной РН в 2007 г. по программе исследования магнитосферы Земли. Нано-ИСЗ используют новейшие достижения микроэлектроники и микротехнологии в области производства датчиков, источников энергии и даже двигателей. Они рассчитаны на полностью автономную работу и передачу результатов на Землю при прохождении на минимальном расстоянии от нее. Другим приложением этой технологии будет запуск 3 таких зондов в составе экспедиции к Меркурию в 2005 г. Фирма AeroAstro проектирует нано-ИСЗ Bitsy массой 1 кг для проведения экспериментов на низких околоземных орbitах [2].

Наряду с созданием РН Украина успешно разрабатывает космические системы и спутники различного назначения. Эти работы успешно проводятся ГКБ «Южное» уже в течение 30 лет. Значительная часть программы космических исследований в околоземном космосе была реализована с помощью наших спутников. С помощью этих аппаратов были проведены исследования Галактики, Солнца, Земли, околоземного пространства. В целом, еще по союзным программам было разработано и выпущено более 90 эскизных проектов, 77 комплектов конструкторской и эксплуатационной документации, отработано и освоено в изготовлении 68 наименований КА, успешно выведено на орбиту 400 спутников 72 типов, сдано в эксплуатацию 12 космических комплексов. Кроме того, наша страна принимала участие в реализации программы «Интеркосмос» (22 пуска из 25), общих проектов со странами Восточной Европы, Франции, Индии, Швеции и др. После получения статуса независимого государства в 1991 г. в распоряжении Украины остались разрозненные элементы наземных комплексов, которые обеспечивали работу спутников на

орбите. Позднее была создана завершенная наземная инфраструктура средств и их увязка в общей структуре космической системы. В 1995 г. был запущен первый под юрисдикцией Украины спутник «Січ-1» (серия «НГ»), который дал возможность наблюдать территорию всего земного шара (в том числе территория Украины сфотографирована в видимом диапазоне более 30, а в радиолокационном — более 40 раз, в интересах России Арктика отснята более 80 раз). Позднее в 1999 г. на 660-километровую околоземную солнечно-синхронную орбиту украинской РН «Зенит-2» был выведен спутник «Океан-0» (масса более 6 т). Этот КА тяжелого класса продолжил исследования Земли, начатые спутниками «Океан-01», «Ресурс-01», «Січ-1».

Исследования Солнца является одним из важнейших направлений, которое объясняет множество процессов, происходящих на Земле. Эти исследования проводятся в рамках проекта КОРОНАС с помощью спутников на конструктивной базе унифицированной платформы АУОС-СМ, разработанной ГКБ «Южное». 2.03.1994 украинской РН «Циклон-3» был выведен на орбиту спутник этой серии АУОС-СМ-КИ, а 31.07.2001 успешно был запущен на околоземную орбиту другой аппарат этой серии — АУОС-СМ-КФ, который продолжает наблюдения по изучению активности Солнца (проект «Фотон»). Кроме спутников собственного производства с помощью украинских РН за годы независимости было выведено в космос 110 спутников зарубежного производства. Сейчас ГКБ «Южное» работает над созданием еще двух спутников наблюдения Земли «Січ-1М» и МС1-ТК «Микроспутник». Работы находятся на завершающей стадии и приблизительно спутники должны быть запущены в конце 2002 г. Основная задача, которую перед собой и кооперацией ставят сегодня украинские специалисты в этой области — создание на основе совершенных мировых технологий нового поколения космических аппаратов-микроспутников и платформ среднего класса. Поэтому разрабатываются проекты более далекой перспективы — спутники высокого метрового разрешения в оптическом и радиолокационном диапазонах «Січ-2» и «Січ-3», которые отвечают мировой тенденции в области наблюдения Земли из космоса.

Обострение политических конфликтов в различных точках нашей планеты привело к втягиванию в эти проблемы разных стран мира. В связи с этим большинство стран НАТО увеличили военные статьи расходов в бюджетах своих государств. Таким образом опять возрос спрос на разработки и запуск разведывательных ИСЗ. Так, 10.10.2001 г.

ВВС США с космодрома на мысе Канаверал на борту РН «Атлас-II AS» запустили на геосинхронную орбиту телекоммуникационный разведывательный ИСЗ для обеспечения военных операций в Афганистане. Этот ИСЗ поддерживает связь с рядом ИСЗ типа КН-11, запущенными ранее (три разведывательных ИСЗ + запуск обошелся примерно в 2 млрд долл.). С весны 2002 г. для запуска военных ИСЗ в США используется РН «Атлас-V». Европейцы также огласили свои планы по развертыванию единой группировки разведывательных ИСЗ.

Одна из сегодняшних проблем человечества — это нехватка энергоресурсов в одних странах, а также их ограниченность в других. Это стимулирует поиск альтернативных источников получения энергии и технологий их получения. В течение ближайших десятилетий XXI в. потребность в электрических мощностях в глобальном масштабе возрастет с 12 до 24 ТВт. С помощью только наземных источников электрической энергии выполнить эту задачу будет невозможно. Поэтому проанализированы и предложены различные проекты космических электростанций. Наиболее перспективно создание группировок низкоорбитальных гелиосинхронных ИСЗ, среднеорбитальных ИСЗ или нескольких геостационарных ИСЗ с солнечной электростанцией. Предполагаемый рабочий ресурс — 40 лет, полные инвестиционные затраты 150 млрд долл., себестоимость электрической энергии 0.02 долл./кВт·ч [4].

При большом количестве информации о различных видах ИСЗ и их количестве все же остается сложным ответить на вопрос о том, сколько же ИСЗ находится на орbitах. Сейчас спутники запускаются с территорий нескольких стран: США, Франции, Китая, России. В разных странах они запускаются с разных космодромов. Многие из спутников, запущенные в разные годы перестали быть активными, но еще летают по орбитам, хотя и не подают о себе сигналов. Общее количество их на орбитах приблизительно составляет 2490—2550. Это количество удачно запущенных спутников и не отказалось на орбите за 1980—2000 гг.

Как видно из вышесказанного конкуренция на данном рынке космической техники усиливается с вхождением фирм восточных стран. Выход конкурентов на рынок происходит тремя путями: путем коммерциализации существующих предприятий и собственной технологии (Россия, Украина, Китай) часто в сотрудничестве с западными фирмами, путем длительного развития и капиталовложений в совершенствование национальной технологии (Япония, Индия), путем передачи зарубежной тех-

нологии и обучения персонала (Южная Корея). Однако существует один недостаток, который мешает действовать некоторым из этих стран на международном рынке — это отсутствие концепции универсальной спутниковой платформы, аналогичной системам Eurostar или Hs 601.

Анализ развития рынка производства спутников и предоставления спутниковой связи выявил следующие тенденции:

- высокая конкуренция стран разных политических и экономических блоков;
- продолжение бурного роста потребностей в услугах спутниковой связи + носители с высокими показателями надежности и экономической эффективности;
- сильное влияние экономического кризиса 1997 г. способствовало реструктуризации аэрокосмического сектора большинства стран (Корея, Китай, Гонконг, Япония, США);
- повышенная милитаризация деятельности аэрокосмических компаний в области телекоммуникаций;
- жесткая экспортная политика одних стран (например, США) обусловила прорыв на рынок коммуникационных ИСЗ других аэрокосмических продуктов;
- пренебрежение кадровым вопросом (замораживание приема на работу, более низкая оплата труда в государственных предприятиях по сравнению с частным), общее снижение финансирования привело к частичной потере ведущего положения США на рынке запусков ИСЗ, создания РН, уступая в частности европейским странам.

Несмотря на то, что азиатские страны сами имеют наработки в области создания спутников и их запуска (разработка новых спутников от начальной концепции до запуска занимает 8 лет) Украина может активно конкурировать на этом рынке предлагая конкурентоспособный по эффективности и затратам пакет космических услуг для слаборазвитых регионов, где затруднительно поддерживать работоспособность наземных информационных сетей.

Рассматривая предыдущие виды работ Украины по кооперации (до 1991 г.) можно отметить недостаток внимания к многократным средствам запуска над которыми работают ее бывшие партнеры и сегодняшние конкуренты.

Вопрос эффективного космоса по прежнему стоит на повестке дня. На данном этапе развития Украины не может так щедро выделять деньги на развитие ракетостроения как прежде. Поэтому для нее особо важна последовательная политика выделения направлений «заработка» на космосе, когда можно

не только сохранить наработанные технологии, но и создавать новые на благо украинского общества.

Наступивший век — это век, когда информация и знания стали экономическим и социальным ресурсом современной мировой культуры. Развитие интеллектуальных сообществ немыслимо без глобальных интеллектуальных многофункциональных интегрированных космических систем, которые должны решать насущные социально-экономические задачи человечества. Украина имеет необходимую материальную и информационную базу для того, чтобы не оказаться на затворах цивилизации и использовать свои знания и достижения в ракетно-космической области для повышения социально-экономического уровня своих сограждан.

1. Japan successfully launches new H-IIA rocket in August // Atoms. Japan.—2001.—45, N 10.

2. Markins J. C. A fresh look at space solar power: New architecture, concepts and technologies: Pap. 48th International Astronautical Federation Congress «Developing Business», Turin, 4–10 Oct. 1997.
3. Mecham M. Asias space tigers seek launcher role // Aviation Week and Space Technology.—1999.—151, N 24.—P. 74—75.
4. Shoebox-sized space probes take to orbit // Science.—1999.—284, N 5416.—P. 897—899.
5. Smith B. A. EELV competitors seek to achieve performance goals // Aviation Week and Space Technology.—1999.—151, N 24.—P. 54—60.
6. Warwick G. Birds mark first round of RLV contest // Flight Int.—2000.—157, N 4725.—P. 27.

#### DYNAMICS OF TENDENCIES OF SPACE EXPLORATION

O. Ye. Dzhur

We consider tendencies of the development of segments of the market of space technics and services which are perspective for Ukraine.

УДК 629.7.036.7

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОРАКЕТНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

© В. И. Стаценко<sup>1</sup>, А. Н. Петренко<sup>1</sup>, И. Н. Стаценко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Фізико-технічний інститут Дніпропетровського національного університету

<sup>2</sup>Науково-дослідний інститут енергетики Дніпропетровського національного університету

Применение электроракетных двигателей при выполнении энергоемких космических задач во многих случаях может существенно увеличить долю полезного груза в стартовой массе ракеты-носителя. С 1970-х гг. ЭРД стали активно использоваться в составе геостационарных спутников связи для коррекции их орбиты при длительном активном существовании. Из-за сравнительно небольшой мощности солнечной энергоустановки таких спутников и энергопотребления ЭРДУ выбор режимов работы электроракетных двигателей заключается в выборе режима с максимальным удельным импульсом тяги, при котором обеспечивается требуемая тяга и ресурс работы.

Ограничивающим параметром при этом является уровень потребляемой мощности.

При создании маршевых двигательных установок с ЭРД, предназначенных для выполнения энергоемких задач (вывод спутников на ГСО, межорбитальные и межпланетные перелеты и др.), основным ограничивающим параметром становится стартовая масса всей установки.

При выборе оптимальных режимов работы ЭРД в составе маршевой энергосиловой установки необходимо

димо учитывать не только массу двигательной установки, но и массу энергоустановки.

$$M_{\text{ЭСУ}} = M_{\text{ЭРДУ}} + M_{\text{ЭУ}}$$

С увеличением удельного импульса тяги масса ЭРДУ уменьшается главным образом за счет уменьшения массы рабочего тела. Масса же энергоустановки растет, так как с увеличением скорости истечения рабочего тела энергетические затраты на его ускорение увеличиваются пропорционально квадрату этой скорости.

Оптимальный удельный импульс ЭРД выбирается таким, при котором обеспечивается минимальная величина суммарной массы всей энергосиловой установки.

Рассмотрим более детально эти две составляющие массы ЭСУ.

### РАСЧЕТ МАССЫ ЭРДУ

В состав ЭРДУ входят:

1) Собственно электроракетные движители (ПИД, СПД, ДАС, ИПД и др.), масса которых