

НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ

7/1973

СЕРИЯ
КОСМОНАВТИКА, АСТРОНОМИЯ

А.Д.Коваль
А.А.Тищенко
КОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
И ЭКОНОМИКА



А. Д. Коваль,
кандидат технических наук

А. А. Тищенко,
кандидат технических наук

**КОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
И ЭКОНОМИКА**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1973

Коваль Александр Денисович,
Тищенко Артур Андреевич

К56 Космические исследования и экономика.
М., «Знание», 1973.

(Новое в жизни, науке, технике. Серия «Космонавтика, астрономия», 7). 64 с.

Брошюра рассказывает о связях космических исследований с экономикой. Показаны тенденции экономического развития ракетно-космической техники и проблемы оценки эффективности отдельного космического комплекса и космонавтики в целом. Статистический материал экономического характера, приведенный в брошюре, позволит читателю составить определенное представление о космонавтике как новой области человеческой деятельности, находящейся с экономикой в постоянном взаимодействии.

2-6-5

6Т6

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
КОСМОНАВТИКА — НОВАЯ ОБЛАСТЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	5
НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ЭКОНОМИКА	8
ПОБОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	24
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ	29
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62

Редактор Р. Г. Базурин
Обложка В. А. Провалова
Худ. редактор В. Н. Конюхов
Техн. редактор Т. Ф. Дашкова
Корректор Н. К. Пехтерева

А 10270. Индекс заказа 34207. Сдано в набор 13.IV 1973 г. Подписано к печати 15/VI 1973 г. Формат бумаги 84×108₃₂. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1. Печ. л. 2. Усл.-печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 3,27. Тираж 27 060 экз. Издательство «Знание». 101835, Москва, Центр, проезд Серова, д. 3/4. Заказ 704. Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.
Цена 10 коп.

© Изд-во «Знание», 1973 г.

Космические исследования, начало которым было положено запуском первого искусственного спутника Земли, являются результатом экономического могущества нашей страны. Но диалектика развития космических исследований такова, что, возникнув на базе развитой экономики, они сами являются мощным рычагом дальнейшего всестороннего развития экономики, науки и техники. В программе КПСС сказано: «Прогресс науки и техники в условиях социалистической системы хозяйства позволяет наиболее эффективно использовать богатства и силы природы в интересах народа, открывать новые виды энергии и создавать новые материалы, разрабатывать методы воздействия на климатические условия, овладевать космическим пространством. Применение науки становится решающим фактором могучего роста производительных сил общества»*.

Космонавтика — важная часть научно-технического прогресса человечества, и именно поэтому в СССР вопросам освоения космоса уделяется большое внимание. В частности, в Директивах XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. предусмотрено: «Обеспечить в новом пятилетии... проведение научных работ в космосе в целях развития дальнейшей телефонно-телеграфной связи, телевидения, метеорологического прогнозирования и изучения природных ресурсов, географических исследований и решения других народнохозяйственных задач с помощью спутников, автоматических и пилотируемых аппаратов, а также продолжения фундаментальных научных исследований Луны и планет Солнечной системы**.

Известно, что ответы науки всегда шире заданных ей вопросов. Ответы содержат часто новые возможности практического применения. Это в максимальной степе-

* Программа КПСС. М., Политиздат, 1971, стр. 125.

** Директивы XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. М., Изд-во политической литературы, 1972, стр. 14.

ни относится и к космонавтике. Влияние ее на экономику тем больше, чем более рентабельной, высокоэффективной является ракетно-космическая техника, на базе которой человек изучает и осваивает космос.

Таким образом, говоря о космических исследованиях и экономике, необходимо затронуть три главных вопроса: какова непосредственная экономическая отдача от космонавтики; каковы побочные результаты, связанные с ее развитием, и, наконец, каковы наиболее целесообразные с экономической точки зрения пути создания ракетно-космической техники?

Сегодня мы являемся свидетелями процесса космизации производства, основные направления которого проявляются прежде всего в использовании как некоторых условий и процессов, характерных для космоса (например, глубокого вакуума), так и многих достижений науки и техники, ставших возможными благодаря созданию разнообразных средств ракетно-космической техники. Уже существуют технические комплексы, которые обеспечивают решение многих прикладных задач. При этом они либо являются единственно возможным средством для решения ряда народнохозяйственных задач, либо существенно повышают их эффективность наряду с традиционными средствами. Проникновение человека в космос способствует развитию связи, метеорологии, геодезии, навигации, исследованию природных ресурсов Земли и др.

Мировое производство, вероятно, в будущем станет составной частью огромного космического производства, развивающегося на единой материальной, энергетической и информационной основе.

Высокоразвитое материальное производство с использованием ресурсов Земли и Вселенной будет производством грядущего коммунистического общества. Огромные экономические выгоды, процветание и мир несет космос человеку.

Космонавтика — новая область человеческой деятельности

Космонавтика все более осмысливается сегодня как широчайшая область деятельности людей, оказывающая мощное влияние на все сферы общественной жизни, подготавливающая новый этап в развитии общества на пути его борьбы за преобразование природы в глобальном и космическом масштабах. Создание космической техники — закономерное развитие производительных сил. Обладая такими особенностями, как возможность находиться в зоне прямой видимости со значительных территорий поверхности Земли, высокой скоростью перемещения и регулярностью движения космическая техника вызвала к жизни новые высокоэффективные методы решения важных народнохозяйственных задач: определение координат (геодезия и навигация), передача информации (телевидение, радиовещание, телефонная и телеграфная связь), наблюдение за Землей (космическое земледование, океанография, геология, гидрология и др.), изучение и контроль процессов в атмосфере (метеорология, борьба с загрязнениями). Таким образом, уже в наши дни космонавтика становится стержневой технической основой решения многих практических задач.

Неизбежность космического будущего человечества прозорливо предвидел основоположник космонавтики Константин Эдуардович Циолковский. Он справедливо считал, что работы в области исследования космоса дадут человеку «горы хлеба и... бездну могущества».

Наше поколение еще в большей степени, чем это было в прошлом, несет ответственность за будущее лю-

дей Земли. Если с этих позиций, то есть с позиций будущего нашей планеты, взглянуть на космонавтику, то станет совершенно очевидным значение ее как новой области человеческой деятельности.

Действительно, есть три фундаментальных проблемы, которые предстоит преодолеть людям Земли уже в ближайшие столетия. Это проблемы достаточно интенсивного роста народонаселения нашей планеты, а также ограниченности ее ресурсов вещества и энергии. В 1965 г. численность землян составила 3 млрд. 250 млн. человек. В 2000 г., по прогнозам ООН, на Земле будет около 6,5 млрд. человек. Если нынешние темпы прироста сохранятся, то к концу XXI в. человечество возрастет до 40 миллиардов. А ведь наша Земля ограничена по размерам: вся ее площадь, включая водную поверхность, составляет 510 млн. км². Теперь представим себе, что производство энергии будет расширяться со скоростью, предположим, в одну треть процента ежегодно (это в десятки раз медленнее, чем теперь). Тогда его объем через 100 лет удвоится, через 1000 лет увеличится в 20 тысяч раз, а через 2500 — в 10 миллиардов раз! Такие потребности удовлетворить на Земле не представляется возможным.

Космос должен дать человечеству жизненное пространство, вещество и энергию.

Нужно ли сегодня прогнозировать столь отдаленное будущее и какую конкретную связь оно имеет с настоящим? На наш взгляд, такой прогноз потребностей, последствий и возможностей крайне полезен, так как без него не удастся определить наиболее важные и перспективные направления научно-технического прогресса. Тем более что такие, например, проблемы, как загрязнение природной среды, уже сегодня остро встают перед человечеством, а в недалеком будущем встанут проблемы размещения отходов промышленности, а также нарушения теплового баланса на Земле в связи с ростом тепловыделений от бурно развивающегося энергетического хозяйства и изменения состава атмосферы, что вызовет необходимость вынести за пределы Земли многие производства и мощные энергетические системы. Именно поэтому разработка сложных ракетно-космических систем, которые закладываются уже сегодня и на создание которых потребуются многие годы, должна

учитывать возможности решения не только ближайших, но и перспективных задач.

Следует отметить, что развитие космических исследований — это не только и не просто возможность механического разрешения проблем, связанных с ограниченностью нашей планеты. Это еще в большей степени накопленные знания, которые увеличивают экономическое могущество человечества.

Итак, космонавтика — область человеческой деятельности, направленная на использование ракетно-космической техники и всех достижений космических исследований на благо людей.

Космическая деятельность сегодня имеет, как правило, ярко выраженный исследовательский характер. Даже там, где уже используются какие-либо космические средства для обслуживания традиционного хозяйства Земли или в прикладных целях, процесс использования этих космических средств может быть охарактеризован как двуединый процесс: с одной стороны, непосредственного изучения объекта исследования или решения какой-либо конкретной прикладной задачи, а с другой стороны, как процесс развития инструмента исследований (то есть средств космической техники). Другими словами, инструмент изучения и объект изучения в процессе прогрессивного развития меняются местами, убыстряя сам процесс развития. Новые задачи, встающие перед космонавтикой, вызывают к жизни новые ракетно-космические средства, создав которые человечество получает возможность решать новейшие задачи и т. д.

В процессе своего развития инструмент исследования сохраняет на каждом последующем этапе наследственные черты предыдущего этапа, сохраняет известную преемственность принципов. Развитие же инструмента исследования космической программы в целом может рассматриваться как развертывание единой системы инструментов (космического хозяйства Земли). Это развитие порождает совокупность научно-технических и технико-экономических проблем, решение которых является непрямым условием развития космического хозяйства Земли.

Народнохозяйственные космические системы и экономика

В последние годы успешно эксплуатируются многие народнохозяйственные космические системы. Это спутники связи, метеорологии, навигации, геодезии. Запущены опытные образцы спутников, предназначенных для исследований природных ресурсов Земли. Очень много полезной информации поступает с пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций.

Уже сегодня эксплуатация подобных космических систем вносит серьезный вклад в экономику, а в ближайшие годы он возрастет во много раз. Так, например, если метеорологические спутники позволят составлять надежный прогноз погоды на пять суток вперед, то, по оценкам Совета экономических экспертов при президенте США, ежегодно будет обеспечен следующий экономический эффект: в сельском хозяйстве — 2500 млн. долл.; в лесной промышленности — 45 млн. долл.; в наземном транспорте — 100 млн. долл.; в розничной торговле — 75 млн. долл.; в водном хозяйстве — 3000 млн. долл. Таким образом, суммарный эффект в хозяйственных отраслях от такой системы составит 5720 млн. долл. Запуск метеоспутника обходится всего лишь в 3 млн. долл.

Прогнозы Гидрометеослужбы СССР, для составления которых широко используются спутники «Метеор», по далеко не полным данным, позволяют сохранить ежегодно материальные ценности на сумму 500 — 700 млн. руб.

Особенно большое значение имеют метеорологические прогнозы для стран, подверженных наводнениям, тропическим бурям, штормам и ураганам (бедствия в результате таких природных явлений наиболее часто наблюдаются в Японии, Индии, США и других странах). По расчетам американского ученого Г. Сиборга, в масштабах всего земного шара эксплуатация метеорологических спутников обеспечит экономию 60 млрд. долл. в год.

Множество причин затрудняет правильное предсказание погоды. В конечном счете, все явления в атмосфере-

ре связаны с превращениями получаемой Землей солнечной энергии, но эти превращения столь многообразны и сложны, что их изучение, учет, а тем более прогнозирование представляют большие трудности. Связано это с неоднородностью атмосферы, ее подвижностью, разнообразностью рельефа и физических свойств поверхности Земли, ее вращением, излучением тепла от Земли и атмосферы в космос. К границе земной атмосферы на каждый ее квадратный метр приходит от Солнца в течение каждой минуты 20 ккал энергии. Около 35% ее отражается обратно в космос, 15% поглощается атмосферой и 50% — поверхностью Земли.

Разнообразен характер солнечного излучения. Оно проявляется в виде радиоизлучения, инфракрасного, светового, ультрафиолетового, рентгеновского излучений, а также в виде потока заряженных частиц — электронов, протонов и т. д.

Каждое из перечисленных излучений Солнца оказывает разнообразное влияние на различные слои атмосферы. При этом к поверхности Земли приходит в основном видимая часть излучений Солнца. Она почти свободно проходит через атмосферу, часть ее отражается от поверхности Земли обратно в космос, а оставшаяся часть поглощается земной поверхностью.

Нагреваясь, Земля отдает тепло атмосфере. Теплоотдача происходит как при контакте воздуха с поверхностью суши и воды, так и путем теплового излучения Земли. Атмосфера очень хорошо поглощает излучаемое Землей тепло. Большая подвижность атмосферы ведет к быстрым перемещениям теплых масс воздуха вверх, а холодных — вниз. Этой же причиной вызываются глобальные перемещения холодных масс из охлажденных районов Земли и теплых из нагретых. Вращение Земли заставляет возникающие в северном полушарии потоки воздуха отклоняться вправо, а в южном — влево от тех направлений, которые они имели бы в случае неподвижности земного шара. Это приводит к развитию гигантских вихревых атмосферных образований — циклонов и антициклонов.

Вследствие трения между земной поверхностью и перемещающейся воздушной массой и между отдельными слоями самого воздуха отклоняющее воздействие вращения Земли на различных высотах сказывается

по-разному. Оно возрастает с увеличением высоты. Например, непосредственно над поверхностью суши направление ветра изменяется до $45-55^\circ$, а на уровне 500 м — до 90° . В результате совместного действия всех факторов получается очень сложная картина распределения воздушных течений в атмосфере Земли.

Таким образом, для изучения погодообразующих процессов и прогнозирования погоды необходимо всестороннее изучение самых разнообразных явлений как в атмосфере Земли и на ее поверхности, так и в космосе (в околоземном и в дальнем, включая Солнце).

В настоящее время во всем мире насчитывается около 10 000 метеорологических пунктов для систематического наблюдения за погодой. Но тем не менее эти пункты контролируют только 20% поверхности Земли, остальные 80% выпадают из поля зрения. Неконтролируемая часть атмосферы не только велика по размерам, но и малодоступна, так как она в основном располагается в пространстве над океанами и полярными шапками, играющими важнейшую роль в формировании погодных явлений.

По настоящему широко человек сумел взглянуть на атмосферу только с помощью космических аппаратов. И хотя в этом случае утрачивается непосредственный контакт с атмосферой, все же ее изучение становится более доступным и приближает нас к полному решению проблемы. Дело в том, что, как отмечалось, процессы в атмосфере определяются превращениями в ней солнечной энергии, то есть в основном процессами поглощения и излучения тепла. Следовательно, измеряя параметры излучения тепла от различных слоев атмосферы, можно получить богатый материал для изучения происходящих в ней процессов. Эту задачу в глобальном масштабе можно решать с помощью спутников, которые к тому же могут служить хорошим средством для сбора информации, и с наземных метеорологических пунктов, разбросанных по всему земному шару.

Таким образом, космическая техника призвана стать одним из самых эффективных средств в метеорологии, имеющей огромное экономическое значение. Даже первые метеорологические спутники дали много ценной в хозяйственном отношении информации. Так, например, «Космос-144», входивший в экспериментальную метео-

рологическую систему «Метеор», обнаружил, что от острова Врангеля до Берингова пролива океан очистился ото льда. Это позволило начать навигацию на месяцы раньше намеченного срока.

Стало обычным обнаружение с помощью спутников тайфунов и ураганов. Так были обнаружены ураганы «Бэтси», «Эстер», тайфуны «Ненси», «Памела». Надо отметить, что от одних лишь тайфунов Азия, например, ежегодно несет в среднем убытки в 500 млн. долл., а в 1969 г. только тайфун «Вера» обошелся Японии в 1230 млн. долл.

Спутники позволяют не только обнаружить ураганы и тайфуны, но и наблюдать их зарождение и развитие. Так, с американского спутника ATS-1 прослеживалась эволюция тайфуна «Сара» при его перемещении через Тихий океан от стадии зарождения в сентябре 1967 г. до разрушения через две недели после этого.

Большие возможности для оперативного наблюдения погодных явлений имеют пилотируемые космические корабли и станции, так как космонавт может немедленно дать сведения о тех или иных погодных явлениях в глобальном масштабе, не дожидаясь специальной обработки метеоинформации.

Так как погода интересует все страны, а погодные явления протекают в глобальном масштабе, то это вызвало к жизни широкое международное сотрудничество в этом вопросе. При Организации Объединенных Наций действует Всемирный метеорологический союз. Создается Всемирная служба погоды. Уже функционирует три ее главных мировых центра: в Москве, Вашингтоне и Мельбурне.

Спутники помогут решать не только задачи диагноза и прогноза погоды, но и осуществить конечную цель метеорологии — управление погодой.

По оценкам американских ученых, большой экономический эффект предполагается получить от использования геологических и гидрологических спутников. Так, например, ускорение поиска полезных ископаемых всего на 5% даст экономический эффект в два миллиарда долларов в год. А надо иметь в виду, что в ряде стран (в основном это развивающиеся страны) и в ряде труднодоступных районов мира спутники вообще единственное эффективное средство геологической разведки. Это

обстоятельство в настоящее время трудно поддается экономическим оценкам. Можно только предполагать, что экономический эффект в этом случае существенно превзойдет тот, о котором говорилось выше.

Мы считаем, что в рамках всей нашей планеты гидрологические спутники в скором времени станут одним из важных элементов мирового хозяйства. Дело в том, что основные источники пресной воды на Земле — реки и озера — составляют менее 0,06% объема воды Мирового океана. Эта очень небольшая часть водных ресурсов и призвана в основном обеспечивать всю систему водопотребления. В числе потребителей воды и непосредственно человек, и промышленные предприятия, и сельское хозяйство. Существует ряд областей народного хозяйства, которые обычно относят к разряду водопользующихся. В их число входят гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство и др. В наши дни трудно найти промышленное предприятие, которое в той или иной мере не было бы потребителем воды. Так, по ориентировочным оценкам, в расчете на каждый кубический метр потребляемой воды завод ацетатного волокна выпускает валовой продукции на сумму 59 рублей, обувная фабрика — на 270 рублей, металлургический завод полного цикла — на 3,7 рубля. Нетрудно представить себе, какой ущерб может принести промышленности производству дефицит воды.

Стоящие перед нашей страной грандиозные задачи по повышению эффективности сельскохозяйственного производства не могут быть решены в отрыве от проблемы водных ресурсов. Нельзя забывать, что и природно-климатические условия нашего государства отличаются значительно более сложным характером, чем во многих других странах. Большая часть пашни расположена в засушливых или малоувлажняемых районах, таких, как Поволжье, степная часть Украины, целинные земли Сибири и Казахстана, районы Северного Кавказа. Известны примеры, когда в этих районах в результате губительного действия засухи урожай зерна снижался на миллионы тонн.

Одним из путей преодоления зависимости сельского хозяйства от таких случайностей, как засуха, или, напротив, дождливое лето, может быть широкая программа мелиорации. Вместе с тем разработка любых про-

грамм мелиорации требует знания гидрологических процессов на земной поверхности: колебаний уровня грунтовых вод, водных режимов рек и озер, поверхностного и подземного стоков, степени увлажненности различных районов и т. д. Только точная и своевременная информация о всех гидрологических процессах может служить основой для построения экономически выгодных водохозяйственных систем. Использование для этих целей искусственных спутников Земли дает в руки человека высокоэффективное средство информации.

Основное требование современных гидрологических исследований — заданная повторяемость наблюдений гидрологических параметров на обширных площадях. Единственным средством, удовлетворяющим в наиболее полной мере этому требованию, является спутник с комплексом регистрирующей аппаратуры на борту. Потенциальные возможности наблюдения со спутников чрезвычайно велики. Они обеспечивают, во-первых, большие полосы обзора земной поверхности. Получаемое количество космических снимков, необходимых для гидрологического исследования определенной площади земной поверхности, в несколько сотен раз меньше количества потребных для той же цели аэроснимков. Во-вторых, уменьшается стоимость получения информации. По американским данным, один комплект аэроснимков гидрологического изучения территории США стоит 12 млн. долл. При использовании спутников фотографирование той же территории будет обходиться в 16 раз дешевле. В-третьих, космические данные облегчают обобщенные исследования. Дело в том, что комплекс гидрологических объектов имеет значительные размеры. Если его целиком представить на одном снимке, то доставленная информация значительно проще поддается обобщенному исследованию, чем это можно сделать в случае восстановления комплексной картины по мозаичной системе из многих фотографий. В-четвертых, возможность глобального обзора обеспечивает сравнительные данные по отдельным районам земного шара. Это особенно важно, так как любые гидрологические исследования регионального характера должны рассматриваться в жесткой связи с глобальными гидрологическими явлениями для определения и проверки гипотез водного баланса.

Большое значение для гидрологов имеет получение из космоса инфракрасного изображения земной поверхности. По таким снимкам могут решаться задачи оценки и планирования расхода качественной воды. В частности, результативность инфракрасного изображения уже подтверждена при обнаружении утечки пресной грунтовой воды в прибрежных районах морей и океанов. Известно, что такого рода потери качественной воды могут достигать одной шестой от общего количества пресной воды, используемой населением нашей планеты. Поэтому организация систематического наблюдения за состоянием грунтовых вод на основе использования спутников позволит более успешно планировать водоснабжение.

На сделанных из космоса фотографиях ясно вырисовываются контуры различных водоемов, их взаимное расположение и цвет водной поверхности. Такие данные, безусловно, помогут лимнологам в исследовании и изучении озер, их классификации и составлении общего каталога озер на земной поверхности.

Если учесть, что общая площадь вечных льдов на территории Советского Союза превышает 75 тыс. км², то нетрудно представить себе то огромное значение, которое имеют ледники как источник водных ресурсов. Такие горные ледниковые области, как Северный Урал, Кавказ, Алтай, Саяны, Памир и другие, питают многие реки нашей страны. Вот почему изучение ледников является важной задачей и выделяется в особый раздел гидрологии, называемый гляциологией. Гляциологические работы проводятся в труднодоступных районах. Изучение этих районов с помощью искусственных спутников Земли открывает большие перспективы особенно при исследовании высокогорных ледников.

Очень много полезной информации дают спутники сельскому и лесному хозяйству. Сегодня еще не накоплен достаточный опыт, который позволил бы сделать исчерпывающие экономические расчеты. Тем не менее ряд оценок выполнен как американскими, так и нашими специалистами. Так, например, в США подсчитано, что, используя информацию, полученную от спутников, можно: увеличить на 10% урожай хлопка, что даст доход в 100 млн. долл. в год; снизить на 10—15% потери от сорняков, что даст доход в 300 млн. долл. в год; увели-

чить поголовье телят на 3,5 миллиона голов, что дает около 100 млн. долл. в год.

Большие выгоды могут быть получены от своевременного определения лесных пожаров и сбора другой полезной информации о лесах. Это имеет важное значение для тех стран, где лес является основным национальным богатством, занимая огромные площади их территории.

По площади лесов, доступных для разработки, СССР не имеет себе равных. Лесная площадь в нашей стране занимает 9,1 млн. км², а общая площадь земель лесного фонда равна 12,3 млн. км², то есть составляет более 50% территории СССР.

Породный состав наших лесов очень разнообразен. Преобладающее место (72,7% всей площади лесов) занимают хвойные породы, ценность которых значительно выше лиственных. В мировых ресурсах хвойных пород запасы СССР составляют более 50%. Если учесть, что потребность в древесине возрастает во всех странах мира, а цена ее на мировом рынке повышается, то можно предположить, что валютный доход нашей страны в результате экспорта леса будет непрерывно увеличиваться. Уже сейчас он составляет важную статью дохода. Лес, лесное сырье, лесные товары экспортируются в Англию, ГДР, Венгрию, Японию, Турцию, Иран, Монголию и другие страны.

Основными потребителями древесины являются промышленное и гражданское строительство, угольная и железорудная промышленность, железнодорожный транспорт, судостроение, целлюлозно-бумажная промышленность. Большие перспективы в использовании древесины открывает химия. При химической переработке одного кубического метра древесины можно получить: 200 кг целлюлозы, или 200 кг виноградного сахара, или 6000 кв. м целлофана, или 165 кг искусственного волокна, или 20 л уксусной кислоты.

Лес является поставщиком чистого воздуха, места лучших здравниц и санаториев находятся в лесных массивах. Он участвует во многих природных процессах: регулирует поверхностный и подземные стоки, защищает почвы от эрозии, влияет на формирование микроклимата и на условия выращивания сельскохозяйственных культур и др. Все это делает задачи охраны, уст-

ройства и развития леса важной общегосударственной проблемой.

Один из способов использования космических методов в лесном хозяйстве — это фотографирование лесных массивов на различные виды фотопленок. Таким образом можно наиболее эффективно удовлетворить все возрастающие требования к получению точной и быстрой информации по лесоустройству и размерам лесных массивов. В частности, космическая съемка может быть использована для мелкомасштабного картографирования лесной территории; определения необлесившихся площадей и свежих вырубок; выявления площадей поврежденного и погибшего леса (гарей, ветровалов и т. д.), определения площадей лесного фонда, занятых болотами и заболоченными участками, лугами и озерами.

Космическое фотографирование в отдаленных и труднодоступных лесных районах будет особенно эффективным. Надо отметить, что в настоящее время далеко не все площади лесного фонда достаточно обследованы. Около 65% лесных площадей нуждаются в лесоустройстве. Искусственные спутники Земли помогут успешно выполнить эти работы.

Существенную роль сыграют спутники и в решении проблемы экономической оценки лесных ресурсов. Основная трудность при этом заключается в необходимости учета множества факторов, связанных со спецификой лесных ресурсов, возможностью их многоцелевого использования. При построении экономически выгодного плана эксплуатации лесных богатств необходимо учитывать весь комплекс функций леса как источника древесного сырья, его значение для охраны и защиты почв, регулирования гидрологических процессов, поддержания устойчивого стока, влияния на микроклимат, наконец, как базы для организации зон отдыха.

Можно надеяться, что космическое фотографирование будет той технической основой, которая позволит проводить объективные экономические оценки лесных ресурсов страны и решить проблему взаимной увязки показателей лесозаготовительной и лесохозяйственной деятельности.

Сопоставление космических снимков, сделанных в

разное время, даст возможность изучать процессы восстановления лесов, прогнозировать запасы различных видов древесных пород, определять рациональные сроки вырубки. Космическое фотографирование может служить основой для оптимальной разработки планов лесозаготовительной промышленности в масштабах страны, выбора участков для лесозаготовок в зависимости от их качества, добротности древостоя, породного состава, запасов древесины, а также с учетом условий сплава и транспортных перевозок. Все это позволит выгодно распределить производительные силы и сократить расходы на лесозаготовительные работы.

Особое место могут занять космические средства при охране лесов от пожаров. В пожароопасный период (апрель—сентябрь) ежегодно возникает большое количество лесных пожаров; а в отдельные засушливые годы лесные пожары становятся поистине бедствием. Пожары причиняют ущерб не только лесному хозяйству, но и ряду других отраслей. Дымовые завесы от лесных пожаров наносят вред сельскохозяйственным растениям, затрудняют судоходство на реках, губительно действуют на промысловых зверей и птиц. Последствия лесных пожаров проявляются также в ухудшении гидрологии почвы, изменении уровня грунтовых вод, характеристик стока и других параметров.

Комплекс тепlopеленгационной аппаратуры, установленной на спутнике, позволит вести наблюдения за лесами в любое время суток и при любой метеорологической обстановке и своевременно предупреждать о возникновении пожара.

Одной из причин возникновения лесных пожаров являются грозы. В среднем при десяти грозах возникает от трех до пяти пожаров. Возможность определения грозовых мест позволяет правильно оценить пожарную обстановку на всей территории лесов и выявить районы с повышенной пожарной опасностью. Для решения этой задачи представляется возможным использовать специальные датчики гроз на искусственных спутниках Земли. Периодически просматривая всю территорию лесов с помощью спутников, можно выявить распределение гроз в пространстве и во времени. Тем самым будет доставляться фактическая информация для оценки степени пожарной опасности как по отдельным райо-

нам, так и по стране в целом. К сказанному следует добавить, что современная метеорология вплотную приблизилась к решению проблемы тушения лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками, поэтому обнаружение со спутников так называемой ресурсной облачности и ее использование даст возможность существенно снизить потери леса от пожаров.

Большое значение в жизни людей имеет Мировой океан. Причем его значение в наши дни резко возрастает: он превращается в настоящую житницу человечества, так как установлено, что запасы биопродуктов в морях и океанах нашей планеты намного превосходят содержание их на поверхности суши. Кроме того, значительные залежи нефти и других полезных ископаемых скрыты под поверхностью Мирового океана. Важную роль может сыграть океан и в получении урана, колоссальные запасы которого растворены в морской воде.

Наука, всесторонне изучающая Мировой океан, называется океанографией. Использование космических средств и методов исследования существенно увеличивает эффективность этой науки и, как показывают расчеты американских ученых, позволит получить экономический доход для всех стран мира к 1975 г. в размере двух миллиардов долларов.

Огромные просторы Мирового океана с помощью спутников и космических кораблей стали доступными для периодического и всестороннего изучения. Среди множества потенциальных возможностей, которые имеют космические методы исследования в океанографии, следует отметить прежде всего исследование температуры поверхности морей и изучение течений. Океанография давно изучает термальную структуру океанов, фундаментально связанную со всеми морскими процессами, включая миграцию морской жизни. Однако пока еще ученые не получили надежных средств для синоптических измерений температуры океанов на глобальной основе. Многие температурные характеристики океанов отличаются своей динамичностью. Они могут быть достаточно точно обнаружены и изучены только с помощью часто повторяющихся измерений на больших площадях. Фактически единственным средством для проведения подобных работ являются искусственные спутники Зем-

ли. Температурные перепады морской поверхности могут быть обнаружены в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах спектра электромагнитного излучения. Глобальность получаемой с помощью спутников информации и возможности проведения часто повторяющихся океанографических наблюдений из космоса позволяют выявить динамику изменения как пространственных, так и термальных характеристик теплых и холодных течений. Можно будет установить закономерности изменения границ этих течений, определить наиболее общие связи термальных характеристик водной поверхности с атмосферой, с развитием жизни в океане, с климатическими условиями прибрежных районов морей и океанов.

Пожалуй, самая актуальная проблема океанографических исследований большой практической важности — это проблема изучения морской биологии. Результаты этих исследований непосредственно влияют на рыболовство. В нашей стране рыболовство сейчас ведется в основном в прибрежных районах морей и океанов. Дальнейшее наращивание темпов лова рыбы может быть достигнуто только за счет освоения новых районов лова, выхода рыбаков в открытые моря и океаны. Поэтому особое значение приобретают вопросы организации поиска рыбных скоплений, экономически выгодных для вылова. Здесь на помощь рыбакам приходят искусственные спутники Земли и орбитальные станции. Конечно, обнаруживать рыбные скопления непосредственно с космических орбит на первом этапе не представится возможным. Однако спутники могут существенно повысить эффективность работы рыбопоискового флота путем снабжения его необходимой информацией о температурных характеристиках морской поверхности, распределении пленок рыбных масел на этой поверхности, морской растительности, температуре приводного слоя воздуха и т. д. Все эти характеристики косвенным образом помогут поиску рыбных скоплений и сделают работу поисковых судов более целенаправленной.

Можно ожидать, что в ближайшие годы на околоземные орбиты будут выведены тяжелые орбитальные станции с уникальной оптической аппаратурой на борту, которая позволит вести непосредственное наблюдение и фотографирование рыбных скоплений.

Огромные экономические выгоды принесли и приносят человечеству спутники, предназначенные для связи, навигации и геодезии.

Связь во многом способствует прогрессу в самых разнообразных областях деятельности людей: в промышленности и сельском хозяйстве, в науке и культуре, в сфере обмена и обслуживания, в быту и т. д. С появлением космических систем связи она охватила всю нашу планету, стала глобальной. Теперь нет практически ни одного уголка на Земле, куда оперативно не могла бы быть передана любая информация. Прежде всего это относится к телевидению, через которое исключительно эффективно могут вестись образовательные передачи, имеющие большое социально-экономическое значение. Подсчитано, что при организации мирового обучения через космическое телевидение затраты на одного обучающегося составят баснословно малую сумму — 1 рубль в год. Эта цифра, пожалуй, наиболее убедительное доказательство возможности создания системы образования для всех путем использования космических средств.

Искусственные спутники Земли открыли новые возможности в навигации, обеспечив ей глобальность, всепогодность и высокую точность.

Открыли спутники и новую эру в науке об измерении Земли — эру космической геодезии. Геодезические данные имеют большое народнохозяйственное значение. В настоящее время строительство железных дорог, каналов, линий электропередач, магистральных трубопроводов и других коммуникаций требует крупномасштабных топографических карт и точного знания взаимного расположения наземных ориентиров. Это дает возможность при проектировании выбрать наилучшую трассу прокладки этих коммуникаций, обеспечивающую наименьшие затраты на их создание и последующую эксплуатацию. Геодезические данные позволяют одновременно производить работы на различных участках трассы, что значительно сокращает сроки окончания строительства. Точные сведения в этих случаях обеспечивают безошибочное выполнение проектных работ и высокое качество строительства.

Трудно даже перечислить все многообразие важнейших народнохозяйственных задач, для которых имеет

большое значение создание точных и подробных карт и получение обширных геодезических материалов.

Очень большое экономическое значение имеет исследование природных ресурсов Земли с помощью спутников, пилотируемых кораблей и орбитальных станций.

Фактически впервые к решению этих задач мы приступили 12 апреля 1961 г., когда Юрий Алексеевич Гагарин, первый в мире космонавт, наблюдал Землю с космических высот. Вот как он сам рассказывал об этом: «...наша планета выглядит примерно так же, как при полете на реактивном самолете на больших высотах. Отчетливо вырисовываются горные хребты, крупные реки, большие лесные массивы, пятна островов, береговая кромка морей». В дальнейшем эти наблюдения были продолжены. Космонавты приступили к отработке методов исследования с помощью специальной аппаратуры, предназначенной для этих целей (корабли серии «Восток», «Восход», «Союз», орбитальная станция «Салют»).

23 июля 1972 г. в США был запущен экспериментальный спутник ERTS-A (ERTS-1), предназначенный для исследования природных ресурсов Земли. Этот спутник был выведен на солнечно-синхронную орбиту, что обеспечивает многократную съемку одних и тех же районов Земли при одинаковом угле возвышения Солнца.

Основные задачи этого спутника: определение характера и объема информации о природных ресурсах и окружающей среде, которую могут обеспечить автоматические спутники; проверка наземного оборудования и принятой методики сбора, обработки, анализа и доведения до потребителей информации, получаемой от подобных спутников; изучение научных, экономических и социальных аспектов применения спутников для исследования природных ресурсов.

С помощью этих спутников предполагается получать разнообразную информацию для использования в следующих областях: геология, экология, сельское и лесное хозяйство, землепользование, океанография, внутренние воды, метеорология. В области геологии предусматривается изучение строения Земли и разведка полезных ископаемых, наблюдение эрозионных процессов, реги-

страция вулканов и других элементов рельефа земной поверхности. В области экологии предполагается проводить наблюдения влажных земель, определять качество воды, выявлять загрязнения окружающей среды, регистрировать районы распространения диких животных и растений. Для нужд сельского и лесного хозяйства важными окажутся работы по классификации посевов, растений и почв, обнаружению заболеваний растений, инвентаризации строительного леса, наблюдению эрозии почв. Для нужд землепользования будет проводиться картографирование и анализ районов землепользования, получение данных для регионального планирования, изучение землепользования в региональном и общенациональном масштабе. В области океанографии будут изучаться процессы осадкообразования и процессы, происходящие в прибрежных районах, проводиться исследование в области биологии моря, определение глубин, наблюдение ледяного покрова. В области изучения внутренних вод и метеорологии будет осуществляться наблюдение водоразделов и бассейнов рек, озер, ледяного и снежного покрова, изучение динамики водных ресурсов, исследование климата Земли и местных метеорологических условий.

В экспериментах с использованием спутников ERTS-1 принимают участие специалисты многих стран — Бразилии, Греции, Индонезии, Канады, Мексики, Франции, ФРГ, Японии и др. По всей вероятности, уже в ближайшие годы эксплуатация подобных спутников будет давать очень значительный экономический эффект (десятки миллиардов долларов), а затраты на эту программу относительно невелики (174 миллиона долларов).

Следует отметить, что далеко не все задачи по исследованию природных ресурсов могут быть решены с помощью автоматических спутников, многие из них будут решаться с борта пилотируемых орбитальных станций. Для иллюстрации назовем лишь некоторые эксперименты по исследованию природных ресурсов, которые включены в программу американской экспериментальной орбитальной станции «Скайлэб»: картирование песчаных холмов в пустынях Намиб и Калахари в юго-западной Африке; изучение связи геологических структур Пиренеев и Альп; разведка залежей металлических

руд и картирование водных стоков в Греции, изучение тепловых процессов, связанных с активностью вулканов, и др.

Большой комплекс народнохозяйственных задач был уже решен на первой в мире пилотируемой орбитальной станции «Салют» в 1971 г. В частности, практический интерес представили исследования геолого-географических объектов земной поверхности, различных атмосферных образований, снежного и ледяного покрова Земли в целях отработки методик использования этих данных при решении самых разнообразных задач экономики.

Много важных хозяйственных задач будет решаться с использованием космической техники в ближайшие годы. Так, например, согласно некоторым оценкам американских специалистов, сбыт продукции космических «цехов» орбитальных станций через 20—25 лет даст доход около 50 миллиардов долларов. При этом имеется в виду, что в этих «цехах» будет осуществляться (используя невесомость и космический вакуум) получение идеально сферических шариков для подшипников за счет поверхностного натяжения в расплавленном металле; получение изделий различной формы путем деформации расплавленного металла с помощью магнитного поля (бесконтейнерное литье); дегазация материалов в расплавленном состоянии (за счет вращения); получение полых бесшовных шаров для подшипников (для этого вводится газ в сферу расплавленного металла), которые отличаются значительно более высоким ресурсом; получение пенистых металлических материалов; получение слоистых материалов (из-за поверхностного натяжения и отсутствия гравитационных сил материалы не перемешиваются); выращивание кристаллов теоретически любых размеров, возможно получение непрерывных нитевых кристаллов; получение в невесомости сверхтонких мембран, используемых в химической промышленности; получение сверхчистых стекол и лекарств повышенной степени чистоты.

Спутники могут помочь в решении многих хозяйственных задач. Вот, например, какой проект исследуется рядом фирм США под руководством NASA. На стационарную орбиту выводится спутник для электроснабжения Земли, имеющий коллектор солнечной энергии размером около 8 км². Полученная в коллекторе элек-

трическая энергия преобразуется в коротковолновое излучение и передается на Землю щелевой микроволновой антенной размером $1,6 \times 1,6$ км. На Земле для приема коротковолнового излучения создается приемная антенна размером 10×10 км. Согласно расчетам, подобный спутник может обеспечить для наземных потребителей мощность 10 000 Мвт, что, как полагают, будет достаточно для электроснабжения такого города, как Нью-Йорк в 2000 г.

В будущем, когда на смену одноразовым ракетным системам придут экономичные многоразовые транспортные воздушно-космические системы, начнет реализовываться идея выноса вредного производства за пределы Земли, на Луну, а затем и планеты. Отходы традиционной индустрии также будут сданы на хранение в космос или будут там уничтожены. Добыча полезных ископаемых и их первичная переработка будут производиться вне нашей планеты, которая все более будет превращаться в потребителя, а не производителя материальных благ.

Таким образом, народнохозяйственные космические системы вносят сегодня, а в будущем еще в большей степени внесут конкретный и существенный вклад в экономику.

Побочные результаты космических исследований

Польза, которую приносит человечеству развитие космонавтики, далеко не исчерпывается решением рассмотренных выше прикладных задач. Дело в том, что возникновение космической индустрии, создание сложнейших ракетно-космических комплексов и решение фундаментальных проблем науки и техники, связанных с полетами в космос, дали массу идей, технических средств и новых принципов, внедрение которых в традиционное производство и использование в различных сферах деятельности даст колоссальные экономические выгоды. Опосредованное влияние космических исследований на экономику столь многообразно, что представ-

ляется возможным затронуть лишь некоторые его аспекты.

Физическая наука обогатилась фундаментальными открытиями в области астрофизики, космического излучения, изучения радиационных поясов Земли, солнечно-земной физики, рентгеновской астрономии и др. Потребности космической техники стимулировали исследования в области физики электронных и ионных пучков и направленных плазменных потоков. Применение низкотемпературных (криогенных) ракетных топлив, создание электрогенераторов сверхбольшой мощности с высоким техническим совершенством привело к необходимости глубокого изучения физики низкотемпературных жидкостей, поведения их в условиях невесомости, разработки новых методов криостатирования легких, надежных магнитных систем с малым энергопотреблением, стимулировало развитие физики сверхпроводимости и гелиевой криогеники.

Развитие космической энергетики позволило значительно усовершенствовать существующие системы. Так, например, топливные элементы, вырабатывающие электрический ток в результате электрохимических процессов, применяемые в космических кораблях, в будущем могут найти широчайшее использование в автомобилях, что позволит ликвидировать один из основных источников загрязнения атмосферы, каким является двигатель внутреннего сгорания. Топливные элементы будут широко внедрены в промышленность и сельское хозяйство как удобный и эффективный источник электроэнергии. То же можно сказать о радиоизотопных и ядерных источниках тока.

Усовершенствованные химические аккумуляторы (никель-кадмиевые, серебряно-кадмиевые, серебряно-цинковые) и солнечные батареи, нашедшие широкое использование в космической технике, также применяются в народном хозяйстве.

Большое значение в технике имеет проблема надежности. Разработка сложной космической техники, эксплуатация которой проходит в исключительно трудных и малоизведанных условиях, стимулировала дальнейшее развитие теории надежности, теории проектирования (внедрение системных методов), вопросов экспериментальной отработки. В связи с тем что на космическую

технику работают практически все отрасли народного хозяйства, проблемы повышения надежности проникают и охватывают и электронику, и измерительную технику, и машиностроение и др. Таким образом, космонавтика стимулирует повышение надежности в самых различных областях производства.

Трудно переоценить роль и значение ракетно-космической техники в развитии микроэлектроники и вычислительных машин. Острая потребность в малых размерах и незначительном энергопотреблении привела к разработке сверхминиатюрных, компактных и высоконадежных радиоэлектронных приборов и устройств, инициировала развитие транзисторной техники и интегральных схем, которые в последние годы широко употребляются в производстве радиоприемников, телевизоров, электронных часов и т. д. Внедрение совершенных электронных вычислительных машин в различные отрасли народного хозяйства привело к резкому увеличению производительности труда и удешевлению продукции, позволило высвободить большое количество времени для творческой деятельности человека.

Ракетно-космическая техника связана с разработкой и развертыванием промышленного производства самых разнообразных конструкционных материалов, которые находят в настоящее время применение в различных областях производства и строительства. Хорошо известно, сколь широко используется «крылатый металл» алюминий, все больше начинает внедряться титан и его сплавы. Но, пожалуй, наибольшее значение имеет создание всевозможных неметаллических конструкционных материалов: армированных, комбинированных, слоистых, стойких и к высоким и к крайне низким температурам. Так, например, новый «составной материал», состоящий из нитевидных кристаллов бора, склеенных специальной резиной, вдвое прочнее и в два с половиной раза тверже алюминия. При этом он на 25% легче его. Одна из фирм Швейцарии применила разработанную для космических целей технологию в производстве нового «слоеного» материала (алюминий и пластиковая пена) для изготовления стенных панелей, а также чрезвычайно прочных и сверхлегких лыж. Для крупных твердотопливных ракетных двигателей в США был создан так называемый «армированный пластик» (из стек-

ловолокна). Сейчас он широко используется для производства водопроводных и канализационных труб и в ирригации. Он легок, не подвержен коррозии, устойчив, практически не бьется и пригоден для получения тонкостенных труб (особенно большого диаметра). Производство этого материала несложно и не требует больших затрат. Широкое распространение уже получил алюминированный пластик. Он нетеплопроводен, гибок, устойчив против ветра и воды. Хотя его толщина всего 0,012 мм, он поразительно прочен. Широкое применение в народном хозяйстве нашли также полиэтиленовые пленки, специальные искусственные кожи и др. Одним словом, потребности ракетно-космической техники вызвали целую революцию в области материалов. Теперь конструкционные материалы с практически любыми свойствами могут быть получены чуть ли не из любого природного сырья, что позволяет меньше зависеть от природных ресурсов. Это последнее обстоятельство имеет огромное экономическое значение.

Большой вклад внесла космонавтика в решение проблем организации работ и управления разработками, а также в прогнозирование развития науки и техники. Реализация крупнейших проектов, связанных с созданием ракет-носителей, межпланетных и пилотируемых кораблей, позволила разработать методы и средства, дающие возможность подойти к таким, например, глобальным проектам, как освоение Мирового океана и др., послужила хорошей школой для перевода управления различными отраслями промышленности и народного хозяйства в целом на глубоко научные рельсы с широчайшим использованием вычислительной техники.

Большой вклад внесли космические исследования в здравоохранение и медицину. Как известно, здоровье людей — один из самых животрепещущих вопросов, а продление жизни и активной деятельности имеет, кроме всего прочего, большое экономическое значение.

Полеты человека в космос впервые по-новому поставили вопрос изучения организма человека, его работоспособности в различных условиях, определения его места в сложной кибернетизированной системе, какой является современная космическая система. Медики стали изучать здорового человека, потому что только отменное здоровье даст возможность летать в космосе.

Таким образом, если в докосмическую эпоху медицина имела дела только с больными людьми и поэтому не до конца хорошо знала, а что же такое здоровье, то теперь этот пробел начал ликвидироваться. Экстремальные условия полета (невесомость, вибрации, перегрузки, изолированность и пр.) позволяют вскрыть не только тончайшие механизмы организма человека, но и понять его потенциальные возможности по выполнению самых разнообразных работ.

Особо следует отметить, что именно полеты в космос инициировали и дали технические средства для тщательного и всестороннего изучения Солнца и солнечно-земных явлений и выявили огромное влияние их на жизнь на Земле. Причем это влияние затрагивает как живую природу (в том числе и человека), так и неживую природу (метеорологические явления, землетрясения и др.). В последние годы получены новые статистические материалы, подтверждающие влияние солнечно-земных связей на сердечно-сосудистые заболевания, эпидемические болезни, состав крови и др. Создание в будущем специальной службы Солнца на основе использования космической техники даст в руки человека эффективное средство изучения живой и неживой материи нашей планеты.

Космонавтика, таким образом, вносит огромный вклад в понимание и управление процессами, неразрывно связанными с жизнью и деятельностью человека.

По-новому стали восприниматься и сами жизненные условия на нашей планете. Теперь уже мы вправе рассматривать Землю, как некий большой космический корабль со своей «системой жизнеобеспечения», которой грозит загрязнение от промышленной и различной другой деятельности человека.

Большое количество различных технических разработок (приборов, устройств и т. п.) нашло эффективное применение в медицинской науке и клинической практике. Это и специальная датчиковая и телеметрическая аппаратура, и высоконадежные и миниатюрные моторы, используемые в аппаратах «искусственное сердце» и «искусственная почка», и средства передвижения по Луне, используемые в качестве инвалидных «колясок». Широко применяются при лечении различных заболе-

ваний барокамеры и соответствующим образом приспособленные гермошлемы.

Таким образом, внедрение результатов космических исследований и самых разнообразных достижений космонавтики в народное хозяйство имеет большое экономическое значение и уже в ближайшие годы будет давать человечеству миллиардные доходы в таких областях, как здравоохранение, медицина и пр. Целенаправленная и хорошо организованная работа по внедрению в некосмические отрасли народного хозяйства достижений космонавтики будет способствовать скорейшему развитию самой космонавтики и тем самым убыстрять процесс экономического развития нашей страны.

Пути повышения экономичности космической техники

ОБЩИЕ ЗАТРАТЫ НА КОСМОНАВИКУ

Ракетно-космическая техника, безусловно, является капиталоемкой отраслью. Это связано с ее новизной и значительной сложностью. Поэтому вопрос об экономичности ракетно-космических систем имеет весьма большое значение.

Сегодня космическими исследованиями занимаются только наиболее развитые в экономическом отношении страны. Среди них десять стран уже произвели запуски космических объектов. Это: СССР, США, Франция, Англия, ФРГ, Италия, Япония, Китай, Канада и Австралия. Основные расходы на космонавику сегодня несут СССР и США. Так, например, за период 1958—1972 гг. в США на освоение космоса было ассигновано 63 миллиарда долларов. На первый взгляд это очень большая сумма, однако надо иметь в виду, что ежегодные расходы даже в годы самой напряженной работы (1965—1967 гг.) не превышали 1% валового национального продукта. Это в 25 раз меньше, чем расходы на военные нужды, и приблизительно 20—30% от расходов на авиационные грузопассажирские перевозки в стране.

Во что же обходится создание наиболее сложных образцов ракетно-космической техники? Так, расходы на известный пилотируемый комплекс «Сатурн-Аполлон» (рис. 1), доставивший шесть американских экспедиций

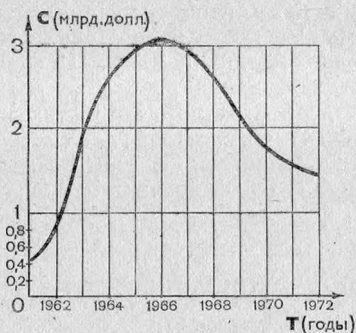


Рис. 1. Финансирование программы «Аполлон».

на Луну, обошелся почти в 25 миллиардов долларов. Это, конечно, огромная сумма, но сама задача посылки людей на другое небесное тело грандиозна и имеет большое значение в развитии космических полетов. Для сравнения скажем, что баллистическая американская ракета «Полярис» (для вооружения подводных лодок) обошлась в 12 миллиардов долларов, а вся стоимость американских стратегических

сил оценивается в 240 миллиардов долларов, то есть на порядок больше затрат на лунную программу.

Еще одно сравнение: на войну во Вьетнаме США затратили около 120 миллиардов долларов, что вдвое превышает все расходы на космонавтику за все время ее существования. Таким образом, можно констатировать, что космические исследования пока еще обходятся дорого, но они намного меньше военных расходов.

Для того чтобы составить более полную картину затрат на различные виды космической техники, а не только на такой уникальный комплекс, каким является «Сатурн-Аполлон», приведем следующие данные: стоимость программы орбитальной пилотируемой станции «Скайлэб» оценивается в 2 миллиарда долларов; стоимость разработки межпланетного автоматического аппарата «Маринер» составляет около 100 миллионов долларов, а стоимость его запуска к Марсу — 12 миллионов долларов (кстати, столько стоит современный воздушный лайнер «Боинг-747» или истребитель-бомбардировщик F-111). Эти цифры показывают, что автома-

тические аппараты намного дешевле пилотируемых кораблей.

Затраты на космическую технику складываются из стоимости проектирования, изготовления и отработки ракетно-космических средств. Все эти экономические показатели существенным образом зависят от уровня развития техники, от размаха работ, серийности выпуска изделий, а также от их технических характеристик.

Проследим, какие имеются тенденции изменения технических характеристик и каковы в связи с этим перспективы снижения затрат на ракетно-космическую технику.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Анализ закономерностей развития космической техники имеет большое значение для выбора основных направлений повышения эффективности космических программ. Вот некоторые основные тенденции развития ракетно-космических средств: повышение мощности и увеличение размеров; увеличение срока работы систем; унификация узлов, агрегатов и систем; использование многоразовых комплексов; применение перспективных двигателей (жидкостные ракетные двигатели на высокоэффективных топливах, ядерные и электроядерные ракетные двигатели) и энергетических установок.

Весьма характерной тенденцией является рост мощности и размеров космических систем. Эти же тенденции характерны и для других отраслей техники. Так, например, изготовление турбин мощностью в 300 тыс. *квт* обходится на 25—30% дешевле, чем изготовление пяти турбин по 60 тыс. *квт* каждая.

Кроме того, на более мощной турбине можно достичь большего коэффициента полезного действия. Другой пример. Увеличение производительности аэробусов (многоместных пассажирских самолетов) в 2 раза снижает эксплуатационные расходы в 1,5 раза. Выигрыш происходит за счет уменьшения доли вспомогательного оборудования и обслуживающих систем для более мощных объектов.

Аналогичные тенденции имеют место и в космонавтике. Стоимость вывода 1 килограмма полезного груза на околоземную орбиту для ракеты-носителя типа «Сатурн-V» грузоподъемностью 120—130 т в несколько раз меньше, чем для ракеты-носителя типа «Атлас» грузоподъемностью 2—3 т.

Мы являемся свидетелями того, как растут размеры космических объектов. Так, космический корабль «Восток» вмещал одного космонавта и летал в течение нескольких суток. Корабль «Союз» имел экипаж в 2—3 человека и летал до 18 суток. Следующим шагом явилось создание пилотируемой орбитальной станции «Салют» с экипажем в 3 человека и временем активного существования в несколько месяцев.

Характерной особенностью, определяющей снижение расходов на космическую технику, служит увеличение срока активного существования объектов. Это один из радикальных способов снижения затрат: оборудование, выведенное на орбиту, эксплуатируется продолжительное время и требует лишь небольших затрат на поддержание его работоспособности. Так, по оценкам американских специалистов, стоимость программы при эксплуатации орбитальной станции на 6 человек в течение четырех лет в 1,6 раза дешевле по сравнению со станцией, рассчитанной на 1 год эксплуатации.

При создании объектов с большой продолжительностью активного существования целесообразно увеличивать их вес, а следовательно, и стоимость разработки, изготовления и запуска. Однако более существенная экономия получается на числе запусков, количество которых сокращается с увеличением активного существования. Так, например, стоимость создания и эксплуатации в течение 5 лет системы из четырех метеорологических спутников на стационарной орбите уменьшается на 40%, если увеличить срок активного существования каждого спутника с 6 месяцев до двух лет.

Итак, увеличение продолжительности использования космических объектов существенно повышает их экономическую эффективность. Это учитывается при разработке перспективных проектов. Проекты долговременных лунных баз показывают, что база с временем активного существования в несколько лет будет во много раз эффективнее корабля «Аполлон». Стоимость пребывания

одного космонавта на Луне в течение суток для лунной базы AAP — ALSS будет почти в 20 раз меньше, чем для корабля «Аполлон» (рис. 2).

Следующим важным направлением развития космической техники является унификация агрегатов, систем, блоков и т. д. Она дает возможность экономить большие средства на проектировании, производстве и отработке объектов. Унификация повышает надежность космической техники и существенно разгружает производство (уменьшаются затраты на оснастку, подготовку производства, увеличивается производительность). Хорошим примером унификации является использование аппаратов серии «Космос», «Луна», «Венера», «Марс».

Большую перспективу и высокую экономическую эффективность имеют многоразовые космические комплексы, или, как их еще называют, транспортные космические корабли многократного использования. Это один из магистральных путей развития ракетно-космической техники, тесно увязанный с увеличением ресурса отдельных элементов, агрегатов и систем космической техники.

Действительно, до сих пор использовались ракетно-космические комплексы одноразового действия, построенные по принципам управляемых снарядов, которые и явились прародителями космической техники. Такой способ является крайне нерентабельным. Огромные ракеты-носители стоимостью в десятки и сотни миллионов долларов (например, «Сатурн-V») используются лишь однажды, и для следующего пуска нужно готовить новую

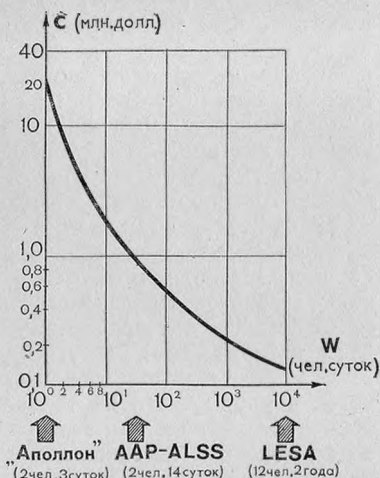


Рис. 2. Стоимость пребывания 1 человека на Луне в течение суток.

ракеты. Это одна из причин того, что лунная программа «Аполлон» оказалась столь дорогой.

Интересный анализ экономики современной космической деятельности в 1966 г. осуществил американский специалист Теодор Тейлор. Он подсчитал стоимость рейса обычного реактивного самолета от Нью-Йорка до Лос-Анжелеса (4000 км) по таким правилам: частота полетов — один раз в месяц; самолет выбрасывается после каждого рейса; полная стоимость нью-йоркского и лос-анжелесского аэропортов должна покрываться за счет стоимости перевозок. При подобных правилах, которые аналогичны нынешним условиям осуществления космических программ, стоимость перевозки груза между Нью-Йорком и Лос-Анжелесом сравнима со стоимостью транспортировки такого же груза по орбите.

Не существует никаких технических соображений, по которым космический транспорт был бы дороже авиационного. Необходимы только три вещи: соответствующий грузопоток, многократность использования космического комплекса и преодоление научно-технических проблем, которые стоят на пути создания такого комплекса.

Создание и использование многократного транспортного корабля — это не только и не столько решение транспортных проблем, это принципиально новое качество космической техники, дающее возможность решать новые задачи в космосе, маневрировать, снимать с орбиты космические аппараты, совершать посадку на обычные аэродромы, упростить требования, предъявляемые к конструкции космических объектов, и многое, многое другое. По расчетам одной американской фирмы, при реализации космической программы на период 1978—1990 гг. при среднегодовом количестве запусков, равном 56, переход на эксплуатацию многократного транспортного корабля даст экономию в 18 миллиардов долларов по сравнению с программой, построенной на старых принципах.

Американские ученые и экономисты, выдвигая программу разработки многократного транспортного корабля, подчеркивают, что главным критерием должны стать экономические показатели космической техники. Причем технико-экономическая эффективность должна рассчитываться с учетом прогнозов развития космонавтики и всесторонним анализом экономических последствий.

На рис. 3 показана схема относительного снижения затрат на выведение полезной нагрузки при переходе к многоразовой транспортной системе.

Наконец, последняя из названных выше тенденций развития ракетно-космической техники — это совершенствование двигательных и энергетических установок.

Вся история развития ракетной техники связана с поиском и отработкой эффективных топлив для двигателей, имеющих высокие значения единичного импульса (тяга в килограммах, развиваемая на килограмм топлива в секунду). Единичный (или удельный) импульс прямым образом определяется скоростью истечения продуктов сгорания топлива, которая наряду с конструктивным совершенством ракеты (отношение веса топлива к весу ракеты с топливом) определяет энергетическую эффективность ракеты. Можно наглядно проследить (рис. 4) влияние удельного импульса и конструктивного совершенства на габариты ракеты при решении одних и тех же задач. Здесь рассмотрены трехступенчатые ракеты; конструктивное совершенство ступеней у них принято

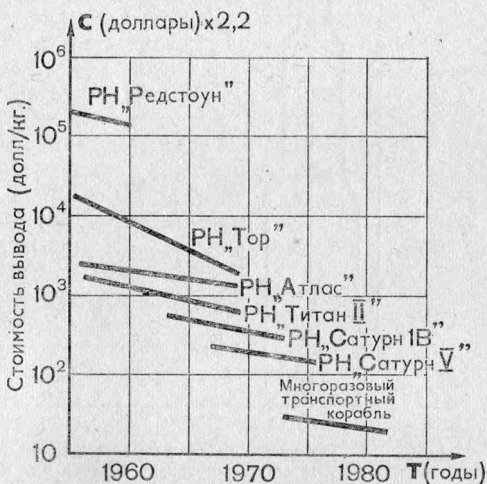


Рис. 3. Стоимость доставки 1 кг полезной нагрузки на орбиту (без стоимости груза).

одинаковым. Значение удельного импульса в $215 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}}{\text{кг}}$ и коэффициента конструктивного совершенства в 0,77 характерно для ракет второй мировой войны (типа ФАУ-2).

Однако стоимость ракеты определяют не только ее габариты, так как топливо, из которого в основном и состоит ракета, стоит всего 0,1% от стоимости всей ракеты. Отсюда видно, как дорого обходится конструкция ракеты.

В перспективе использование высокоэффективных ядерных и электроядерных двигателей позволит получать удельные импульсы от $900 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}}{\text{кг}}$ до нескольких тысяч и десятков тысяч $\frac{\text{кг} \cdot \text{сек}}{\text{кг}}$.

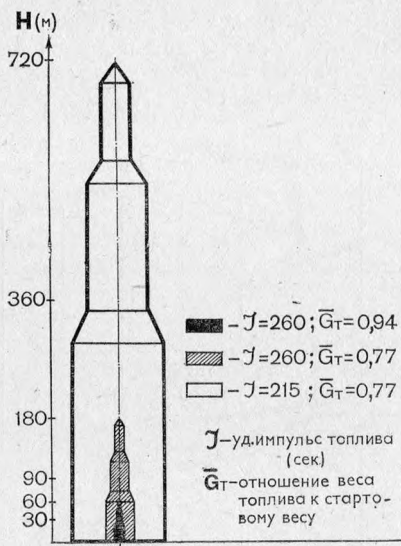


Рис. 4. Относительные размеры ракет с различным совершенством (8700 кг на орбиту 480 км).

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Проблема надежности в космонавтике имеет особо важное значение. Это вызвано, с одной стороны, значительной сложностью систем, а с другой — высокой стоимостью потерь в случае отказа техники.

Сегодня надежность признана проблемой номер один и в других отраслях промышленности. Это объясняется в первую очередь экономической стороной дела. Если во всей промышленности в СССР увеличить надежность и срок службы оборудования на 25%, то это позволит сократить затраты на его ремонт на 3,5 миллиарда рублей.

Ракетно-космическая техника отличается, как уже говорилось, исключительной сложностью. Так, например, космический корабль «Аполлон» для полета на Луну состоит из 1,5 миллиона приборов и агрегатов, а также из 5,6 миллиона деталей. Расчеты показывают, что если принять надежность элемента корабля «Аполлон» за 0,999, то за время полета следует ожидать 5600 отказов. Конечно, такая надежность никого не удовлетворяет. Поэтому надежность элементов подобных космических средств должна стать существенно более высокой. Решение этого вопроса — очень сложная задача. Добиваться высокой надежности можно путем тщательного отбора приборов и элементов, а также за счет программы экспериментальной отработки. Эти мероприятия, однако, требуют значительного времени и существенных денежных затрат. С другой стороны, как уже говорилось, при повышении надежности системы резко падают эксплуатационные расходы. Таким образом, при создании системы необходимо ориентироваться на рациональные параметры надежности, учитывая обе эти экономические стороны проблемы.

Для космических объектов с большим сроком активного существования существенное значение имеют вопросы восстановления работоспособности систем. Так, оценки, выполненные в США, показывают, что пилотируемая орбитальная станция, рассчитанная на два года активной работы, при существующем состоянии техники без резервирования систем может иметь надежность лишь около $0,1 \div 0,3$. Для достижения надежности порядка

0,9 и выше необходимо уже предусматривать резервирование основных систем, а также введение специальной автоматизированной системы поиска неисправностей и достаточный комплект запасных элементов и агрегатов. Естественно, что проект станции должен учитывать эти требования; то есть орбитальная пилотируемая станция должна обладать достаточной ремонтпригодностью; в ней должен быть предусмотрен быстрый поиск неисправностей, возможность проведения текущего и профилактического ремонта.

Все эти мероприятия, безусловно, не даются даром и требуют утяжеления оборудования. Так, для той же станции ее вес в связи с этим возрастет на 30%. Особенно остро вопрос надежности стоит для пилотируемых систем, где самым «чувствительным» звеном специалисты считают систему жизнеобеспечения, на которую приходится до 50% всех возможных отказов. Таким образом, вопрос обеспечения высокой надежности космического корабля (или станции), как мы видим, становится вопросом рационального распределения весовых и экономических ресурсов для всего космического комплекса, включая отдельные служебные системы космического корабля, а также носитель, способный вывести его на расчет-

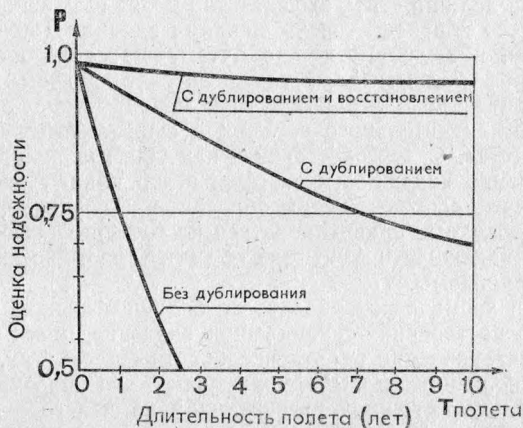


Рис. 5. Зависимость надежности от времени полёта для двигательных установок различного типа.

ную орбиту. При решении подобной оптимизационной задачи стремятся достигнуть минимума суммарных затрат на разработку всех систем и комплекса в целом, а также на его эксплуатацию с учетом стоимости потребного числа запусков, которая в свою очередь зависит от достигнутой надежности средств.

Надежность отдельной системы зависит от целого ряда факторов: сложности системы, ее новизны, наличия опыта ее эксплуатации и т. п. Среди этих факторов особое место занимает расчетное время эксплуатации системы, что эквивалентно среднему времени между отказами. Так, для американского космического корабля «Меркурий», например, это время составляло 500 часов. При эксплуатации долговременной станции этот показатель должен быть увеличен до сотен тысяч часов. От потребного времени работы существенным образом зависит достижимая надежность служебных систем. Даже при незначительных частотах отказа, но большом времени работы добиться высокой надежности весьма и весьма трудно. Иллюстрацией этого положения может служить зависимость надежности от времени работы для типовой двигательной установки, представленная на рис. 5. Из рисунка видно, что двигательная установка без дублирования узлов за один год эксплуатации выйдет из строя с вероятностью 0,3 (надежность — 0,7), тогда как при наличии дублирования она будет иметь надежность около 0,95.

Практически же, поскольку на космическом корабле десятки систем, требуется, чтобы надежность одной системы была порядка 0,99 и более. Для достижения такой надежности уже требуется не только дублирование отдельных узлов, а более радикальные меры, такие, как проведение технического обслуживания системы с использованием автоматизированных систем поиска неисправностей и ремонтно-восстановительных работ с привлечением экипажа космического корабля.

Эффективным средством повышения надежности является внедрение широкой программы экспериментальной наземной отработки систем, для чего требуется создание соответствующей экспериментальной базы. Хорошо оснащенная наземная база позволяет резко сократить объем летно-конструкторских испытаний. Так, например, при летных испытаниях ракеты «Атлас» было

запущено около 150 ракет, в ходе летных испытаний ракеты «Титан» — около 30, а при отработке ракеты-носителя «Сатурн-V» всего только 2 запуска потребовалось для летных испытаний. Это объясняется тем, что в ходе работ над программой «Аполлон» была создана эффективная база для всесторонней наземной отработки. Несмотря на значительные затраты на создание такой базы, эти расходы окупаются и за счет сокращения летных испытаний и при эксплуатации.

Совершенно самостоятельным является вопрос обеспечения безопасности полета космонавтов. Она определяется надежностью служебных систем корабля (или станции), оснащенностью его запасами расходующихся компонентов, воздействием поражающих факторов космического пространства, ошибками управления полетом и соответствующими спасательными средствами. К сожалению, полностью исключить риск в космонавтике (как, впрочем, и в других областях деятельности человека) нельзя, и поэтому при проектировании космических комплексов стремятся только свести его к минимуму.

Особенностью проблемы является то, что основные характеристики корабля закладываются на ранних этапах проектирования. Они и определяют безопасность космической системы. Возможность проверки этого свойства наступает только тогда, когда приступают к практическим полетам, или натурным испытаниям. Устранение выявленных дефектов обходится довольно дорого.

Так, например, пожар в кабине космического корабля «Аполлон» в январе 1967 г., приведший к гибели трех американских космонавтов, заставил специалистов пересмотреть конструкцию командного отсека корабля (отсека экипажа). Суммарные затраты по обеспечению пожаробезопасности корабля и увеличению степени безопасности полета составили 780 миллионов долларов. При этом надо иметь в виду, что вопросам безопасности при разработке проекта «Аполлон» уделялось весьма большое внимание и, несмотря на это, не удалось избежать указанных выше просчетов.

Для технико-экономического анализа проблемы безопасности, кроме мероприятий, закладываемых в процессе проектирования комплекса, необходимо решение следующих вопросов: разработка экономически обоснованной программы наземной и летной отработки систем, ра-

кетных блоков и корабля для удовлетворения требованиям безопасности; выбор наиболее рационального состава систем аварийного спасения; разработка соответствующих моделирующих стендов для выработки рекомендаций по выходу из аварийных ситуаций в конкретном полете и др.

Во второй фазе работ над проектом центр тяжести перемещается с анализа безопасности на ее обеспечение в процессе создания и испытаний конкретного космического корабля (или станции). На этом этапе работ внимание специалистов приковано к контролю качества изготовления агрегатов и систем, детальной проверке изделия и его подготовке к полету. Проводится тщательная подготовка и тренировка экипажа в управлении кораблем, отработка всевозможных штатных и аварийных полетных программ и ситуаций. Для этой цели создаются специальные стенды и тренажеры, позволяющие в условиях, максимально приближенных к реальным, освоить космическую технику, с тем чтобы в полете исключить ошибки в управлении кораблем.

В обеспечении безопасности космических полетов большую роль играют и специальные системы безопасности, которыми оснащаются космические корабли и которые призваны непосредственно обеспечивать сохранение жизни экипажа при возникновении аварийных ситуаций. К таким системам в первую очередь относится система аварийного спасения (САС). При аварии ракеты-носителя на старте и начальном участке выведения САС включает мощную аварийную двигательную установку, которая уводит капсулу с космонавтами на безопасное расстояние, после чего срабатывает парашютная система и производится приземление аппарата.

Поскольку многие аварии носят скоротечный характер, то часто реакции человека в условиях полета недостаточно для принятия нужного решения. Поэтому на борту корабля предусматривается установка специальной системы автоматики, которая выдает команды на исполнительные органы системы управления кораблем. Это приводит к утяжелению корабля, а следовательно, и его удорожанию, не говоря уже о том, что разработка и изготовление этих систем тоже требуют определенных затрат. Значительное место в системе безопасности полетов занимает и специальный поисково-спасательный

комплекс, который обеспечивает своевременный поиск и эвакуацию экипажа после его приземления как в заранее запланированном, так и в непредусмотренном районе посадки. В состав этого комплекса входят поисковые самолеты, вертолеты, корабли. Так, в операции по возвращению и эвакуации космического корабля «Аполлон» принимали участие 12 кораблей, 52 самолета и вертолета с персоналом до 10 000 человек.

Как мы видим, даже из перечня вопросов, с которыми сталкиваются при обеспечении безопасности полетов, следует, что эта проблема комплексная, охватывающая как технические характеристики комплекса, так и целый ряд организационных мероприятий, требующих затрат материальных, временных и людских ресурсов, что в свою очередь определяет экономику безопасности полетов.

Таким образом, проблема безопасности космических полетов включает этапы проектирования средств, когда безопасность закладывается в проект, этап изготовления и испытаний, когда она контролируется, и, наконец, этап эксплуатации, когда она поддерживается.

В качестве иллюстрации этого положения приведем выдержку из документа NASA «Требования к системам безопасности для пилотируемых космических полетов», в котором безопасность определяют как «оптимальную степень риска в пределах эксплуатационной эффективности, времени создания и выделенных затрат, определяемую с применением кибернетических принципов управления и анализа операции технического обеспечения на всех стадиях разработки».

При анализе экономических аспектов проблемы безопасности необходимо учитывать как прямые, так и косвенные затраты. К прямым затратам относятся: экономические потери (ущерб от катастрофы); предотвращенный ущерб от применения систем безопасности за время эксплуатации комплекса; стоимость разработки, изготовления и обслуживания систем безопасности; стоимость модернизации комплекса при выявлении дефектов и т. п. Косвенные затраты связаны с удорожанием корабля при включении в полезную нагрузку систем безопасности; с увеличением стоимости разработки, изготовления и эксплуатации комплекса при введении дублирования и резервирования систем; с уменьшением эксплуатационных

расходов при внедрении более отработанных систем, которые в свою очередь требуют соответствующих затрат на отработку.

Таким образом, космическая техника развивается по пути значительного снижения потребных затрат, по пути повышения экономичности. Весьма показательным в этом смысле явилось высказывание первого заместителя директора NASA доктора Джорджа Лоу. В 1972 г. на одной из конференций в Вашингтоне он говорил:

«Когда мы начинали, четырнадцать лет назад, первостепенное значение имели затраты на запуск. В результате мы старались втиснуть все, что возможно, в каждый запуск и стремились к тому, чтобы спутники имели минимальный вес и объем и максимально высокие характеристики, а снижение затрат на полезную нагрузку рассматривалось как нечто второстепенное. Поэтому для решения каждой задачи создавался специальный спутник со специальными системами и узлами. Каждый элемент обрабатывался до предела, почти без запасов и резервов. В результате возникало такое положение, что большинство систем могло использоваться лишь для решения той единственной задачи, в расчете на которую они создавались. После установки системы только на одном спутнике от нее отказывались в пользу новой, тоже специально созданной системы для другого спутника. Мало того, очень жесткие допуски требовали огромного числа испытаний и бесконечных томов документации и расчетов, иначе нельзя было обеспечить абсолютную гарантию. Другими словами, мы были вынуждены затрачивать очень большие средства на разработку системы, а использовав ее один-два раза, начинали разрабатывать новую дорогостоящую систему. Мы создали много уникальных систем и требовали от них максимально высоких характеристик. Это подтверждается простой статистикой. В настоящее время в эксплуатации находятся 52 космических объекта гражданского назначения. До конца года мы запустим еще 35 таких объектов, так что общее их число достигнет 87. Эти 87 объектов относятся к 43 различным типам, то есть в среднем космический объект каждого типа запускается только два раза!

В настоящее время положение иное. Полезная нагрузка стала более сложной, а затраты на запуск сни-

зились. Это означает, что теперь мы должны стремиться к низкой стоимости и высокой надежности полезной нагрузки, а не к минимальному весу и максимально высоким характеристикам, как в прошлом. Я уверен, что если мы пойдем по этому пути, то затраты на космические программы резко снизятся. Я считаю, что это не менее интересная и благородная задача, чем те, которые решались в космосе раньше. Для решения этой задачи важно соблюдать следующие принципы:

1. Не изобретайте велосипед. Используйте лучшее, что создано в рамках других программ. Во всех промышленных фирмах, где мне приходилось бывать, разбирают до винтика продукцию конкурентов, изучают ее, анализируют, оценивают с экономической точки зрения и используют лучшее, насколько это возможно без нарушения патентных прав.

2. Стремитесь к стандартизации. Это относится к деталям, узлам, системам и целым блокам...

3. Закладывайте низкую стоимость еще в проект. Заставляйте проектантов на самых начальных стадиях по возможности отказываться от использования компонентов, изготовление которых сопряжено с трудностями.

4. Закладывайте еще в проекте минимальное количество испытаний, расчетов и документации. Проще говоря, используйте преимущества, которые дают ослабление допусков на вес и объем, использование стандартных деталей, наличие запасов и резервов, менее строгие меры обеспечения безопасности. Во время работ по программе «Аполлон» мы потратили миллионы долларов на испытания и расчеты, чтобы быть уверенными, что не превысили критических величин по прочности для сосудов под давлением. Если бы можно было увеличить вес баков на несколько килограммов, все эти проблемы исчезли бы, а вместе с ними отпала бы необходимость чрезмерных испытаний и расчетов.

5. Признайте нормальным положение, при котором для различных систем предусматривается различная степень риска. Система жизнеобеспечения транспортного корабля должна быть более надежна, чем простой научный прибор в отсеке полезной нагрузки этого корабля. Стоимость системы должна отражать приемлемую степень риска, где он допустим.

6. Изучайте затраты. Мы должны знать стоимость

каждого элемента. Нам еще нужно много учиться, чтобы точно оценивать стоимость.

7. Приспосабливайтесь к стоимости. Это требование вытекает из предыдущего. Если мы знаем, во сколько обойдется тот или иной элемент, то, естественно, спросим себя, действительно ли нам этот элемент нужен, многие так называемые «требования» на самом деле не являются такими жесткими, и их было бы правильнее называть «целью» и рассматривать с учетом потребных затрат.

8. Уделяйте особое внимание самым дорогостоящим элементам (их не так много). В ряде программ основная часть стоимости падает на небольшой процент элементов.

9. Точно рассчитайте стоимость, прежде чем начнете работы. Это, по-видимому, самое главное требование. Для всех без исключения программ NASA, которые встретились с трудностями, затраты не были правильно оценены в самом начале.

10. Четко определите допустимые затраты. Желание максимально снизить затраты — не лучший способ решения проблемы. Однако для каждой программы должен быть установлен абсолютный потолок затрат.

11. Соблюдайте установленный потолок затрат во что бы то ни стало. Не ссылайтесь на внешние причины. Если в какой-то области перерасход неизбежен, изыскивайте возможность экономии в других областях...» *.

Одним словом, руководители космических программ в США поставили задачу «делать больше за меньшие деньги» (Лоу). Эта точка зрения нашла отражение в таких программах, как орбитальная пилотируемая станция «Скайлэб», многоразовая транспортная система «Шатл» и др. Эти высказывания дают представление об общих принципах повышения экономичности космической техники на современном этапе исследования космоса.

* Aviation Week, 1972, 25/IX, vol. 97, № 13, p. 9.

Методические проблемы оценки экономической эффективности космической техники

Как было показано в предыдущем разделе, экономичность в космической технике в конечном итоге сводится к выбору рационального проекта, разработке оптимального плана отработки, а также решению поставленной задачи с наименьшими общими затратами.

Методические проблемы оценки экономической эффективности представляют значительные трудности, особенно если речь идет о космонавтике в целом (то есть о всей совокупности ракетно-космических средств). Поэтому здесь затронуты лишь некоторые вопросы выбора рациональных параметров космических комплексов, обеспечивающих минимум затрат.

Денежная форма выражения разнородных показателей, характеризующих комплекс, позволяет свести задачу к принятию решения по одному критерию. Если удастся и эффект выразить в денежной форме, то задача оценки экономической эффективности становится особенно наглядной. Например, известны полные затраты на разработку, изготовление, отработку и запуски в необходимых количествах в течение определенного времени. На основании расчетных методов можно оценить экономический эффект от применения этого комплекса (или системы) за этот же отрезок времени. Тогда экономическую эффективность рассматриваемого комплекса можно определить как чистый доход от ее использования в течение заданного времени.

Расчеты экономической эффективности должны учитывать определенную точность исходных данных, прогноз динамики изменения некоторых характеристик составных частей комплекса, вариации условий применения, надежность технических средств и разброс значений оценок затрат и доходов. Учесть всю гамму детерминированных и стохастических (случайных) параметров в условиях неопределенности, которая характерна для сложной иерархической системы, какой является ракетно-космический комплекс, можно, используя только самые современные методы проектирования и накопленный

практический опыт, опирающийся на аналогичные разработки при создании сложных систем в смежных отраслях техники. В проектировании ракетно-космических средств следует использовать методы системного подхода, системотехники.

Анализ экономической эффективности космической техники начинается с выбора показателей и критериев эффективности. В процессе выбора критерия вначале производится анализ целей и задач, стоящих перед ракетно-космической системой. К критерию предъявляется главное требование, заключающееся в том, чтобы он прежде всего соответствовал этим целям и задачам. Кроме того, критерий эффективности должен удовлетворять ряду требований: учитывать основные влияющие факторы, соответствовать имеющемуся объему исходных данных, иметь ясный физический смысл, приводить к однозначности оценок. Что касается видов критериев, то их насчитывается довольно много, включая обобщенные, прямые интегральные, удельные, характеризующие, частные и др.

При оценке экономической эффективности ракетно-космических средств в качестве критерия эффективности часто используют прямые интегральные критерии, например математическое ожидание числа пусков, необходимых для выполнения программы полета или какой-либо другой целевой задачи. Не менее часто используется характеризующий критерий — вес полезной нагрузки, выводимой на расчетную орбиту. Экономическую сторону дела отражают стоимость запуска (включая стоимость изготовления), суммарные приведенные затраты на разработку (включая проектирование, экспериментальную, наземную и летную отработку), создание всех составных элементов комплекса (их развертывание, строительство, обучение персонала и т. д.) и эксплуатацию (включая стоимость обслуживания и амортизации средств).

Таким образом, экономическая эффективность космической техники в зависимости от целей анализа может характеризоваться рядом критериев.

Оценка, например, рационального варианта перспективной ракетно-космической системы наиболее полно характеризуется прямым критерием «эффект—затраты». Здесь «эффект» выражается или вероятностью выполне-

ния целевой задачи, или математическим ожиданием необходимого для этого числа средств с учетом их надежности. Показатель «стоимость» здесь включает все затраты на разработку, создание и эксплуатацию системы в течение заданного времени.

Совершенство отдельного космического аппарата или корабля часто характеризуют удельным критерием экономической эффективности E/C , где: E — эффективность; C — стоимость. Применять этот критерий, однако, рекомендуется очень осторожно, как и все удельные критерии. В частности, критерий E/C плохо учитывает затраты на весь жизненный цикл системы и масштабы ее применения. Тем не менее такие критерии часто используются. Мы уже использовали ранее простой удельный критерий — стоимость вывода на расчетную орбиту одного килограмма полезной нагрузки. Этот критерий в основном характеризует эксплуатационные свойства комплекса.

Выбрав соответствующие критерии эффективности, необходимо разработать методы анализа экономической эффективности по этим критериям. Наиболее простым является метод удельных затрат. Основываясь на статистике по стоимости изделий (например, ракет) в целом и составляющих служебных и специальных систем, устанавливают средние нормы затрат: стоимость 1 килограмма конструкции, двигательной установки, системы управления и т. п. Имея весовую сводку ракетно-космического комплекса и удельные стоимости, легко подсчитывается стоимость космического аппарата и ракеты-носителя.

Другой метод оценки стоимости изготовления космических изделий основан на расчете затрат по следующим основным статьям: затраты на материалы; стоимость готовых изделий и полуфабрикатов; затраты на основную заработную плату; цеховые и заводские накладные расходы; затраты на спецоснастку; плановая прибыль.

На основании расчетов стоимости по отдельным подсистемам и изделиям в целом можно оценить затраты на различных этапах разработки, включая проектирование, экспериментальную и наземную отработку, создание опытного образца и летную отработку.

Важной статьёй расходов является стоимость эксплуатации системы. Сюда относят стоимость амортизации

техники, затраты на персонал, обслуживающий стартовую и техническую позицию, стоимость работ, связанных с командно-измерительным и поисково-спасательным комплексом. О величине эксплуатационных затрат иногда судят по величине так называемых приведенных затрат на обеспечение запуска, которая составляет, например, для комплекса «Аполлон» 15% от суммарных расходов на один пуск (59 миллионов долларов из 340 миллионов).

Еще одной важной проблемой при анализе экономической эффективности является экономическая сторона организации производства.

Известно, что создание ракетно-космических средств ведется с участием многих отраслей и предприятий. Сложная взаимосвязь и кооперация при разработке вызвала к жизни новые методы планирования работ — сетевые методы с использованием автоматизированных систем управления. Организация работ влияет не только на затраты, но и на сроки создания комплекса, что само по себе имеет большое значение. Подмечено также, что сроки создания существенно зависят от имеющихся ресурсов и вкладываемых затрат. Очень сжатые сроки создания потребуют параллельного подключения других предприятий, служб и оборудования, что безусловно выльется в дополнительные затраты. При малых сроках освоения возрастут затраты на подготовку производства.

Себестоимость изготовления изделий при сокращении цикла их изготовления увеличивается за счет неполного использования уровня специализации работников, невозможности использовать современное и экономичное оборудование (его некогда создавать и внедрять) и т. п. (первая группа затрат).

При излишне большом цикле работ потребуется дополнительное увеличение числа работников, возрастет трудоемкость работ, затраты на хранение материалов и др. (вторая группа затрат).

На рис. 6 показана зависимость себестоимости и трудоемкости изготовления ракетно-космических средств от цикла работ. Такой же характер будет иметь и кривая суммарных затрат на разработку в зависимости от сроков создания комплекса. Как видно из рис. 6, имеются оптимальные сроки создания и разработки ракет-

но-космических средств, соответствующие минимальным общим затратам.

Суммарные затраты определяются не только затратами на разработку, но и в значительной степени эксплуатационными расходами. Поэтому оценку затрат следует производить за весь срок эксплуатации ракетно-космических средств.

Срок эксплуатации отдельных ракетно-космических систем составляет до 10—15 лет. Примером «долгожителя» в ракетной технике служит ракета-носитель «Восток», которая начала использоваться еще в 1957 г. и успешно применяется и в наши дни. Однако некоторые космические комплексы не выдерживают испытания временем за счет быстрого морального старения (например, американские ракеты «Авангард» и «Юпитер-С»).

Выбор рационального срока эксплуатации одного комплекса и замены его более совершенным — это проблема во многом экономическая.

Большой интерес представляет экономическая эффективность космической программы в целом. Формирова-

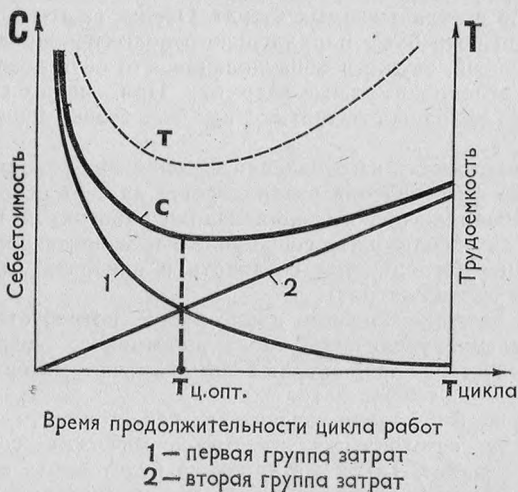


Рис. 6. Зависимость трудоемкости и себестоимости изготовления ракетно-космических средств от цикла работ.

ние оптимальных программ развития космонавтики на 15—20 лет вперед осложняется большой разнородностью комплексов (научные, прикладные, экспериментальные), а также отсутствием аналитических методов оценки важности целей и задач. Решение этой проблемы сегодня возможно только с использованием эвристических методов путем обработки мнений экспертов и получения на этой основе количественных оценок.

При выборе наиболее рациональных (эффективных) путей изучения космического пространства и небесных тел необходимо, во-первых, найти распределение по важности (значимости) целей и задач и, во-вторых, отыскать наиболее оптимальные с точки зрения технико-экономических показателей пути решения этих задач. Поэтому выбор рациональных путей изучения космического пространства должен складываться из двух последовательных этапов. На первом производится формирование структуры научной космической деятельности, определяются цели деятельности и измеряется относительная важность (полезность) целей по отношению к некоторой системе критериев. На втором определяется научная и технико-экономическая эффективность рассматриваемого множества космических комплексов по отношению к сформулированной совокупности целей научной деятельности.

Для анализа относительной важности целей космических исследований и эффективности космических комплексов необходимо разработать иерархическое дерево логических возможностей, построенное на основе пространственной и функциональной декомпозиции некоторой основной цели (метацели) — научная деятельность в космосе с использованием ракетно-космической техники. Можно представить себе дерево логических возможностей, имеющее шесть иерархических уровней, как это видно на схеме (рис. 7).

На втором уровне дерево имеет четыре элемента, называемых «направлениями научной деятельности». В качестве направлений можно назвать: изучение строения и свойств космического пространства, небесных тел и Земли; физические и научно-технические исследования, основанные на использовании специфических условий космоса; медико-биологические исследования земных форм жизни в космосе и атмосфере Земли; исследования

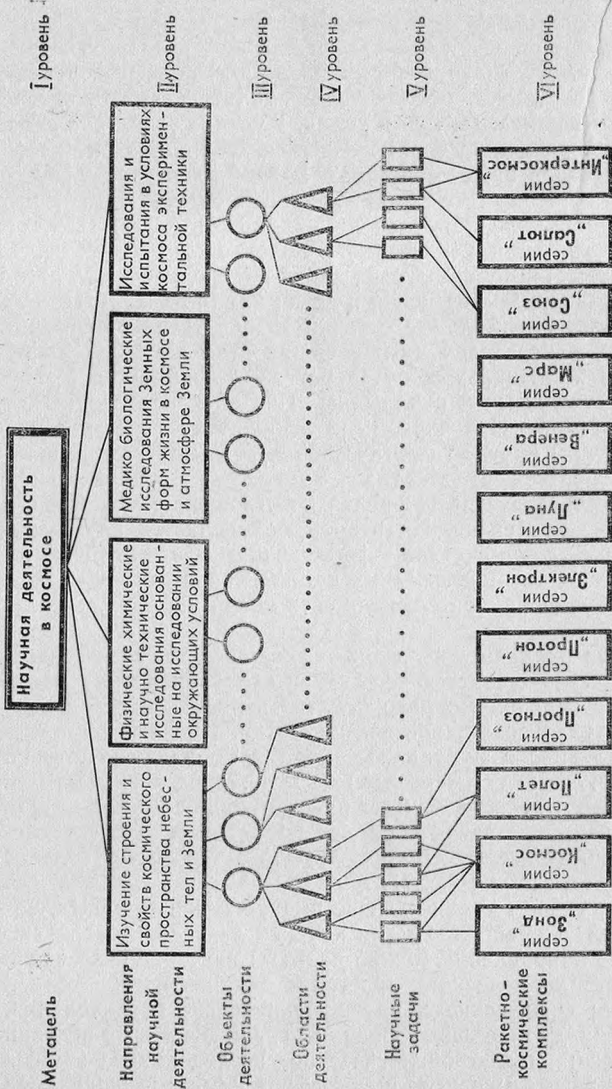


Рис. 7. Схема дерева логических возможностей.

и испытания в условиях космоса экспериментальной техники.

Третий уровень дерева — «объекты деятельности» — образуют элементы, определяющие в первом направлении объекты исследований во Вселенной, а в остальных направлениях — факторы, характерные для космических исследований (пространство и скорость, космический вакуум, радиация и магнитные поля, гравитация и перегрузки и многое другое).

Элементом дерева логических возможностей присваиваются специальные индексы, как это видно из рис. 8.

Под объектом исследования в рамках первого направления (2-0000 00) понимается небесное тело или группа небесных тел с некоторой областью пространства. В результате разложений этого направления можно выделить тринадцать объектов исследований:

1. 3-Г000 00. Солнце и межпланетная среда.
2. 3-Е000 00. Меркурий.
3. 3-В000 00. Венера.
4. 3-А000 00. Земля.
5. 3-Л000 00. Луна.
6. 3-М000 00. Марс и его спутники.
7. 3-Ю000 00. Юпитер и его спутники.
8. 3-С000 00. Сатурн и его спутники.
9. 3-У000 00. Уран и его спутники.
10. 3-Н000 00. Нептун и его спутники.
11. 3-П000 00. Плутон.
12. 3-К000 00. Кометы и астероиды.
13. 3-Ф000 00. Внесолнечная система.

Солнце и межпланетная среда рассматриваются как один объект исследований. Основанием для такого объединения служит тот факт, что межпланетная среда фактически является продолжением солнечной атмосферы. Все динамические процессы, протекающие в межпланетном пространстве, по существу, определяются деятельностью Солнца, являются процессами, протекающими в непрерывно расширяющейся короне Солнца.

Выбор в качестве объектов исследований планет и их спутников является естественным и не нуждается в пояснениях. Отнесение астероидов и комет к одному объекту исследований объясняется существенной общностью требований к космическим комплексам для их изучения. То же можно сказать и о внесолнечной системе.

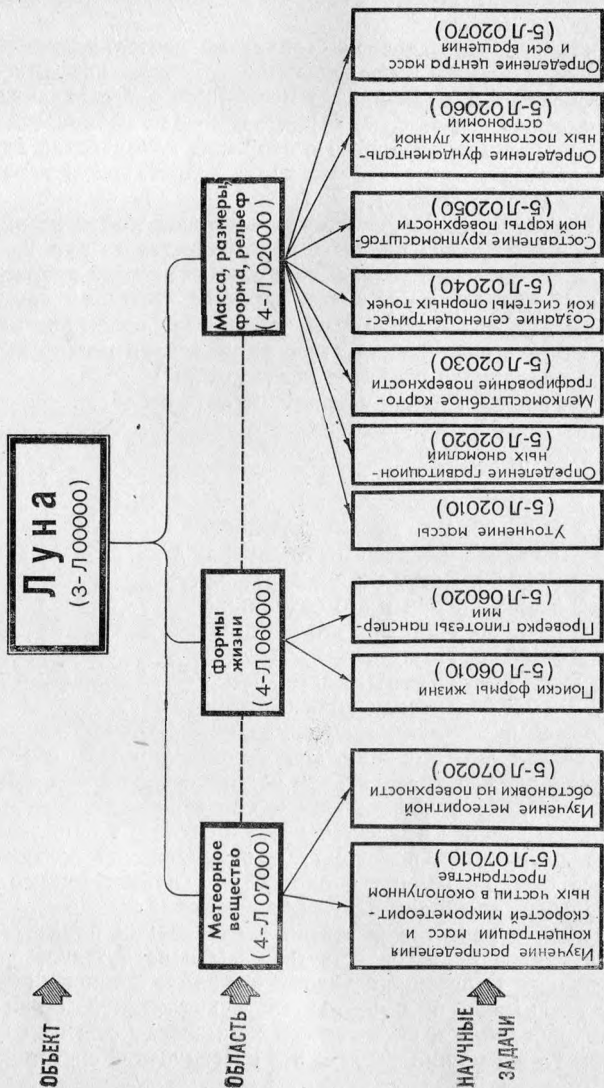


Рис. 8. Фрагмент дерева логических возможностей.

Четвертый уровень дерева — «области деятельности». В рамках первого направления области — это элементы структуры объектов. Совокупность отношений, формирующих область деятельности, представляет собой фактически некоторые множества физических свойств объекта. В пределах первого направления к ним могут быть отнесены:

- 1) масса, размеры, форма, рельеф;
- 2) атмосфера;
- 3) частицы и поля;
- 4) поверхность и приповерхностные слои;
- 5) формы жизни (биосфера);
- 6) недра и т. д.

В пределах, например, второго направления под областью деятельности понимается крупная научная или научно-техническая проблема, удовлетворяющая условиям априорной важности, непересекаемости и предполагаемой разрешимости в прогнозируемый период.

Например, объект З-Д000 00 — гравитации и перегрузки в космосе и в атмосфере Земли — может иметь такие области:

1. Ч-Д001 00 — исследование физики жидкостей;
2. Ч-Д002 00 — теплофизические исследования;
3. Ч-Д003 00 — исследование выделения газов из твердого и жидкого тела и т. д.

Пятый уровень дерева — «научные задачи». В рамках первого направления, в частности, научная задача представляет собой определенную проблему, которую необходимо решать для изучения или уточнения определенных частных характеристик областей исследований. Каждая задача, как правило, может быть решена несколькими способами. Способ решения научной задачи и ее содержание определяют характеристики научного эксперимента.

Шестой уровень дерева содержит множество ракетно-космических комплексов, которые с уровнем научных задач образуют двудольный граф. Каждому комплексу ставится в соответствие совокупность решаемых научных задач из технического описания комплекса.

Количественные меры оценки эффективности (весовые коэффициенты) элементов дерева определяются по специальной системе критериев, отражающих важнейшие аспекты рассматриваемых элементов, определяю-

щих их ценность (полезность). Ряд этих критериев в настоящее время может определяться только чисто эвристически на основе методов экспертного опроса соответствующих групп специалистов по специально разработанной процедуре с использованием анкет. Результаты опроса обрабатываются на ЭВМ. Как правило, проводится несколько туров, что существенно увеличивает достоверность оценок.

Другая часть критериев может иметь аналитическое выражение.

Для анализа эффективности космических комплексов научного назначения вводится показатель эффективности E , отражающий возможность получения комплексом ценной научной информации при определенном техническом совершенстве.

Показатель E имеет вид:

$$E = K_T \cdot K^n \cdot I' \text{ (условных двоичных единиц),}$$

где:

K_T — коэффициент технического совершенства комплекса, рассчитываемый по специально разработанной системе критериев;

K^n — коэффициент относительной важности научных задач, решаемых комплексом;

I' — количество информации, получаемой комплексом за время активного существования с учетом эффекта насыщения.

Коэффициент относительной важности научных задач, решаемых комплексом в рамках дерева логических возможностей, изображенного на рис. 7, определяется зависимостью:

$$K^n = \sum_{n=1}^N \sum_{l=1}^{N^n} \sum_{m=1}^{N^{nl}} \sum_{s=1}^{N^{nlm}} A_s^{nlm} \beta_s^{nlm} .$$

где:

$$\beta_s^{nlm} \begin{cases} = 1, & \text{если задача } s \text{ решается,} \\ = 0, & \text{если задача } s \text{ не решается;} \end{cases}$$

A_s^{nlm} — относительная важность s -той задачи;

N — число направлений;

N^n — число объектов исследований, входящих в n -е направление;

N^{nl} — число областей деятельности в l -ом объекте исследований, входящем в n -е направление;
 N^{nlm} — число научных задач m -ой области, l -го объекта, n -го направления.

В выражении для определения эффективности комплекса произведение $K^n \cdot I' = I^s$ определяет семантическое и прагматическое количество информации, причем семантику и прагматику отражает коэффициент важности научных задач K^n . Коэффициент K_r можно рассматривать в качестве некоторого «коэффициента усиления», отражающего такие полезные качества комплекса, как степень разработанности, влияние на создание космического потенциала и наземной экспериментальной базы и т. п.

Кроме показателя эффективности E , иногда удобен для использования нормированный показатель эффективности комплекса $e = E/C$, где C — затраты на создание и эксплуатацию комплекса.

Таким образом, e показывает эффективность космического комплекса на единицу затрат.

Сравнительный анализ комплексов производится по диаграммам, отражающим относительное распределение их по значениям показателя эффективности E , нормированного показателя E/C , а также по общей диаграмме «эффективность — стоимость» ($E-C$). Он позволяет выстроить всю совокупность комплексов в ряд предпочтительности.

В США для формирования перспективной программы освоения космоса была разработана прогнозирующая система NASA — PATTERN, которая позволяет определить основную цель (метацель) деятельности в космосе, построить иерархическое дерево подцелей (задач), определить относительные важности подцелей каждого уровня, а также общий объем финансирования всех работ и распределить ресурсы всех видов между отдельными подцелями во времени. На рис. 9 приведена схема основных элементов системы PATTERN.

Широкое использование этой системы показало ее высокую эффективность для анализа перспективных программ, несмотря на то, что она основана на применении только эвристических методов оценки эффективности.

Первые сведения о системе PATTERN, разработанной фирмой «Honeywell Inc», появились в 1963—1964 гг.

Она была разработана в основном для нужд министерства обороны США и только позднее стала использоваться в области космических исследований (NASA—PATTERN). Английское слово PATTERN составлено по первым буквам слов, означающих в переводе: помощь планированию посредством относительных показателей технической оценки. Одна из первых задач, которая решалась фирмой с помощью системы PATTERN, заключалась в том, чтобы ответить на вопрос, какие из 120 планируемых министерством обороны программ «ошибочны и обречены на вымирание». В последние годы система PATTERN претерпела ряд усовершенствований.

Работы по методике начинаются с составления так называемого «сценария» — прогнозирования внешней среды, с которой находится во взаимодействии разрабатываемая перспективная программа. К составлению сценария привлекаются высококвалифицированные ученые и специалисты по международным делам, внешней и внутренней политике, экономике, технике и др. Сценарий позволяет сформулировать основные цели программы.

После разработки сценария и формулирования основных целей формируется иерархическое «дерево целей» (релевантное дерево). Для оценки относительной важности его элементов оно строится сверху вниз уровень за уровнем так, чтобы мероприятия последующего обеспе-

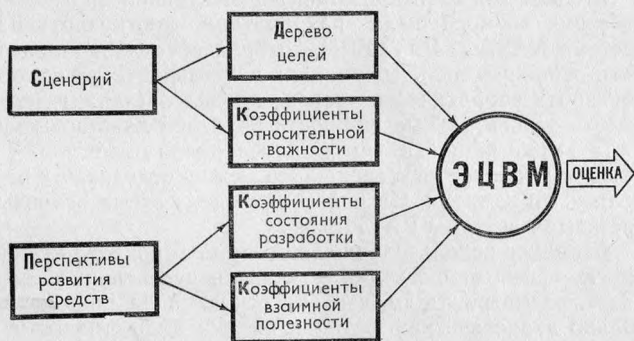


Рис. 9. Основные элементы системы PATTERN.

чивали задачи предыдущего. Процесс декомпозиции релевантного дерева является одним из самых сложных и ответственных этапов работы. Затем проводится количественная оценка всех элементов дерева в виде коэффициентов относительной важности с использованием методов коллективной экспертной оценки. На различных уровнях дерева критерии для выработки этих коэффициентов будут различными (по существу, они являются экономическими).

Важную роль в процедуре работ по системе PATTERN играет определение состояния возможных сроков завершения разработки с помощью коэффициента «состояние — срок». Этот же коэффициент используется для оценки экономических затрат.

В системе PATTERN предусматривается также оценка взаимной полезности подсистем с помощью коэффициентов взаимной полезности.

Как видно из рис. 10, дерево целей NASA—PATTERN имеет 9 уровней.

Первый уровень—цели—содержит две главные задачи: изучение и использование космоса, вытекающие из национальных интересов США.

Второй уровень — задачи, которые предстоит решить NASA для достижения целей первого уровня. На втором уровне выделены 15 элементов (изучение Солнца и всех планет Солнечной системы, исследование радиации, вакуума и др.).

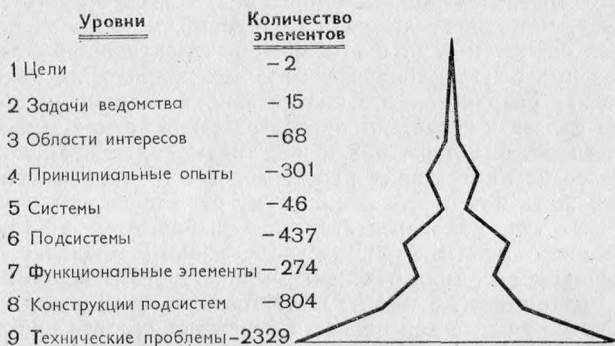


Рис. 10. Схема дерева целей NASA — PATTERN.

Третий уровень — области интересов (68 элементов) — представляет собой дальнейшую детализацию решаемых задач.

Четвертый уровень — принципиальные опыты (301 элемент) — содержит эксперименты, обеспечивающие решение задач вышестоящих уровней.

Пятый уровень — системы, представляющие собой конкретные технические средства (космические комплексы, ракеты-носители), — содержит 46 элементов.

Шестой уровень — подсистемы, под которыми понимается аппаратура для решения поставленных перед системами задач (437 элементов).

Седьмой уровень — функциональные элементы, из которых состоят подсистемы (274 элемента).

Восьмой уровень — конструктивные варианты подсистем (804 элемента).

Девятый уровень — технические проблемы (2329 элементов), с решением которых связано создание различных подсистем.

Система PATTERN была использована американцами не только в оборонных отраслях и космических исследованиях. Она нашла достаточно широкое применение в планировании работ различных фирм, а в 1965 г., например, была разработана система PATTERN в области медицинской техники, что позволило в корне изменить программу разработок медицинского оборудования.

Создание системы PATTERN стало возможным на базе использования системного подхода, системного анализа, методов исследования операций, методов экспертных оценок и т. п. и применения электронно-вычислительных машин. Используемая, как правило, на ранних этапах разработок, эта информационно-машинная система является средством предотвращения возможных экономических потерь, напрасной траты сил и времени на более поздних этапах работ. Более того, она позволяет избежать или свести к минимуму риск проведения тупиковых или малоперспективных разработок, а также вскрыть проблемы общегосударственного значения, выходящие за рамки отдельных министерств и ведомств.

Система NASA—PATTERN позволяет получить исходные данные для подсчета денежных средств при разработке любого элемента дерева целей и для программы в целом. А если средств не хватает, то могут быть про-

оптимизированы задачи, подлежащие выполнению в пределах ограниченных ресурсов, то есть будут выбраны те задачи, которые в наибольшей степени способствуют достижению общей цели.

Исследования в области методических проблем оценки экономической эффективности космической техники имеют большое значение для определения рациональных параметров как отдельных ракетно-космических комплексов, так и программы развития космонавтики в целом.

Заключение

Космические исследования имеют большое значение для развития экономики. Непосредственные доходы от космонавтики, связанные с эксплуатацией прикладных космических систем и пилотируемых аппаратов различного назначения, уже в наше время исчисляются миллиардами рублей.

В Советском Союзе к пятидесятилетию Октябрьской революции в 1967 г. введена в эксплуатацию система связи «Орбита» на основе использования искусственных спутников «Молния», которая позволила организовать передачу программ Центрального телевидения в отдаленные районы Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии с общим населением более 20 миллионов человек, а также осуществить телефонную, телеграфную, фототелеграфную связь и передачу газетных матриц. Для решения подобной задачи наземными средствами потребовалось бы построить в труднодоступных районах со сложными климатическими условиями свыше 15 тыс. км радиорелейных линий.

Успешно эксплуатируется космическая метеорологическая система «Метеор», которая дает много ценной информации, используемой как при прогнозировании погоды, так и при анализе водных ресурсов, исследовании ледовой обстановки в акватории Ледовитого океана и др.

Особо большую роль будет играть в ближайшем будущем использование космической техники (спутников и пилотируемых орбитальных станций) по непосредственному сбору информации для выявления природных ресурсов Земли, включая Мировой океан, и контроля за их

рациональной эксплуатацией в рыбном и сельском хозяйстве, геологии, водном и лесном хозяйстве и др. Эти же средства космической техники будут решать важнейшие проблемы, связанные с загрязнениями природной среды.

Космическая техника и космонавтика в целом — особая область человеческой деятельности нашего времени — выступает как стимулятор и катализатор научно-технического прогресса.

Велика роль космической техники в дальнейшем развитии нашей советской науки. Астрофизика и астрономия, аэрономия и непосредственное изучение небесных тел, космическая биология и медицина и многое другое создают тот фундамент, на котором должно строиться высокоэффективное научное исследование. В целом космическая техника — это техника сложная, подчас уникальная.

Тенденции развития ракетно-космической техники показывают, что она идет в направлении резкого повышения ее экономической эффективности (растут рабочие ресурсы систем, внедряются принципы унификации, создаются многоразовые системы и т. д.).

Разработка методических проблем оценки эффективности является злободневной задачей как при определении рациональных характеристик отдельных космических комплексов, так и космонавтики в целом, так как позволяет в конечном итоге выбрать оптимальные пути развития ракетно-космической техники, космического хозяйства Земли, имеющего огромное значение для всего развития экономики.

Рекомендуемая литература

А. Д. Коваль, Г. Р. Успенский, В. П. Ясн. Космос — человеку. М., «Машиностроение», 1971, 211.

К. Я. Кондратьев, Ю. М. Тимофеев. Термическое зондирование атмосферы со спутников. Л., Гидрометеиздат, 1970, 407.

К. Эрик. Космический полет. Том I. М., Гос. изд-во физико-математической литературы, 1963, 586.

Эрих Янч. Прогнозирование научно-технического прогресса. М., «Прогресс», 1970, 567.

Ю. Конеччи, Э. Уэлш, Г. Фридман, У. Шелдон и др. Космическая эра. Прогнозы на 2001 год. М., «Мир», 1970, 420.

С. А. Саркисян, Э. С. Минаев. Экономическая оценка летательных аппаратов. М., «Машиностроение», 1972, 179.

Келле. Модели стоимости в ракетно-космической технике. «Вопросы ракетной техники». 1972, № 12. М., «Мир», 63.

М. М. Лопухин. ПАТТЕРН — метод планирования и прогнозирования научных работ. М., «Советское радио», 1971, 160.

Ф. М. Хилук. Методы и модели экономического прогнозирования. Киев, 1970, 160.

А. Д. Коваль, В. П. Сенкевич и др. Покорение космоса. М., «Машиностроение», 1972, 179.

10 коп.

Индекс 70101