

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им. К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО

**ТРУДЫ СЕДЬМЫХ ВОСЬМЫХ И ДЕВЯТЫХ ЧТЕНИЙ,
ПОСВЯЩЕННЫХ РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ
И РАЗВИТИЮ ИДЕЙ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО**

(Калуга, 1972-1974 гг.)

Симпозиум «К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И НАУЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
ИМ. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Т Р У Д Ы

СЕДЬМЫХ, ВОСЬМЫХ И ДЕВЯТЫХ ЧТЕНИЙ, ПОСВЯЩЕННЫХ
РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ И РАЗВИТИЮ ИДЕЙ
К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

(Калуга, сентябрь 1972-1974 гг.)

Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное
прогнозирование"

ИИЕТ АН СССР
Москва - 1976

В подготовке Чтений принимали участие:

Государственный музей истории космонавтики им.К.Э.Циолковского,
Комиссия АН СССР по разработке научного наследия К.Э.Циолковского,
Институт истории естествознания и техники Академии наук СССР,
Институт медико-биологических проблем Министерства здраво-
охранения СССР,
Комитет космонавтики ДОСААФ СССР.

Редакционная коллегия Чтений:

А.А.Благоназов (председатель), В.В.Добронравов, В.П.Казневский,
И.С.Козлов, И.С.Короченцев, А.А.Космодемьянский, Ф.П.Космолинский,
И.А.Меркулов, А.Н.Пономарев, В.А.Семенов, В.П.Сенкевич, А.Т.Скрипкин,
В.Н.Сокольский (зам.председателя), А.Д.Урсул, Е.Т.Фаддеев, А.С.Фадее-
ров, И.М.Хазен, О.А.Чембровский, Н.А.Черемных, И.И.Шунейко,
С.А.Соколова (ответственный секретарь)

Ответственные редакторы выпуска:

Доктор технических наук, профессор С.В.Жухардин, кандидат техни-
ческих наук В.П.Сенкевич, В.И.Флоров, Ю.В.Биряков.

В 1972 году в г.Калуге в рамках УП Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э.Циолковского, впервые состоялся симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование". Подготовка к нему прошла под руководством члена-корреспондента АН СССР В.И.Сифорова. Сопредседателями и основными докладчиками симпозиума были доктор технических наук С.В.Щухардин и доктор экономических наук Г.М.Добров. Симпозиум вызвал интерес участников Чтений и получил положительные отклики в прессе.

Оргкомитет Чтений Циолковского, исходя из предложений участников Чтений, принял решение организовать симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование" как постоянную составную часть ежегодных научных чтений. На УП-IX Чтениях (1972-1974 гг.) на симпозиуме было заслушано более 20 докладов, дающих цельное представление об основных конкретных проблемах и методах прогнозирования развития космонавтики и ее воздействия на человеческое общество.

Настоящий сборник включает доклады, сообщения и выступления на симпозиумах 1972-1974 гг. Эти материалы еще раз показывают актуальность изучения прогнозов К.Э.Циолковского и сравнения их с действительностью, важность проведения научно-технических прогнозов в космонавтике, авиации, воздухоплавании и других областях.

Прогнозирование предвосхищает черты будущего и, к какой бы области оно не относилось, может быть обеспечено лишь при условии, что оно базируется на научной методологии, на комплексном многофакторном глубоком изучении различных сторон исследуемого объекта во взаимосвязи с историческим процессом. В.И.Ленин писал, что надо уметь понимать связь прошлого с будущим, "марксизм требует ясного сознания этой связи, сознания не на словах, а на деле".^{х)}

Значение научно-технических и социально-экономических прогнозов в последние годы сильно возросло, а связи между различными областями и направлениями науки, техники, экономики и политики усложнились и углубились. Научное прогнозирование и формирование программ научно-технического и социально-экономического развития сегодня стало мощным оружием определения стратегии развития различных стран.

^{х)} В.И.Ленин. Полн. собр. соч., т.20, стр.110.

Участники симпозиума подчеркнули многогранность научного наследия К.Э.Циолковского, особо отметили глубину и комплексность разработки К.Э.Циолковским различных прогнозов. К.Э.Циолковский обладал выдающимися способностями в области логического мышления, критическим складом ума, педантичностью математика и трезвостью конструктора-инженера. Все это определило направленность его творчества, сделало его новатором-прогнозистом, сделало его, по словам академика С.П.Королева, "человеком, жившим намного впереди своего века"^х). Поэтому вполне понятно и естественно, что доклады, направленные на теоретическую и практическую разработку прогнозов и прогностических идей К.Э.Циолковского, представляют большой интерес и способствуют:

- обмену передовым отечественным и зарубежным опытом в области методологии и техники прогнозирования,
- пропаганде задач научного прогнозирования,
- укреплению приоритета нашей страны в области прогнозов по различным направлениям, разработанным К.Э.Циолковским,
- знакомству общественности с практическими результатами прогнозов в различных областях народного хозяйства,
- выявлению новых проблем, встающих перед научным прогнозированием, и путей их разрешения,
- публикации перспективных идей и проектов, возникающих в процессе прогностических исследований.

Симпозиум в структуре Чтений Циолковского выступает как звено, объединяющее тематику различных секций,

х) С.П.Королев. О практическом значении научных и технических предложений К.Э.Циолковского в области ракетной техники. - Сб. "Из истории авиации и космонавтики", вып.4. М., 1966, стр.21.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
ИМ.К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга ТРУДЫ СЕДЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО
Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное
прогнозирование"

1972 г.

М.К.Тихонравов

О ЗНАЧЕНИИ СИМПОЗИУМА

"К.Э.ЦИОЛКОВСКИЙ И НАУЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ"

(по стенографической записи)

Прослушав все выступления, я понял, что есть желание организовать секцию, которая занималась бы вопросами прогнозирования в связи с работами К.Э.Циолковского. Прогнозирование - это правильная идея, хотя и ставится на Чтениях с некоторым опозданием.

Наши советские философы давно занимаются этими вопросами в связи с работами Циолковского. Этими же вопросами занимаются также инженеры в плане реального осуществления идей ученого. Прогнозирование постепенно превращается в науку, это очень интересно и важно.

В Калуге на памятнике Циолковскому в сквере Мира написано: "Человечество не останется вечно на Земле, но в погоне за светом и пространством сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство". Эти слова хорошо знакомы калужанам и всем гостям Калуги. Что они означают? Это и есть прогнозирование, прогноз будущего. Заложен ли в этих словах научный смысл? Вопрос о завоевании космического пространства занимает у Циолковского центральное место. Ученый работал не ради создания ракеты, а ради завоевания человечеством космического пространства. Он рассматривал ракету только как вид транспорта, на котором человек полетит в космос. Поэтому основной вопрос, которым, как мне кажется, необходимо заняться на Чтениях Циолковского - это вопрос о необходимости и путях завоевания человечеством космического пространства.

Я думаю, что на следующих, восьмых Чтениях этому вопросу будет уделено большое внимание. Именно прогнозисты должны подумать и дать уже к следующим Чтениям достаточно полное рассмотрение этой мысли Циолковского.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ СЕДЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1972 г.
--------	---	---------

Г.М.Добров, С.В.Шухардин

ОСОБЕННОСТИ НАУЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
У К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО И В НАШЕ ВРЕМЯ

(Тезисы доклада)

1. Современная научно-техническая революция, начавшаяся со второй половины XX века, в связи с крупнейшими достижениями в области автоматизации, космических исследований, радиоэлектроники, химизации и других направлений науки и техники вызвала необходимость в разработке научно обоснованных прогнозов на сравнительно длительный период. Если в прошлом в основном прогнозировались отдельные природные и технологические процессы, то ныне стоит задача проведения систематических исследований перспектив всей совокупности социальных процессов, частью которых является развитие науки и техники.

2. Теоретической основой социального прогнозирования являются труды К.Маркса, Ф.Энгельса, В.И.Ленина, давшие подлинно научные объяснения глубоких противоречий и движущих сил развития науки и техники. Марксизм не только вскрыл первоначальные причины научно-технического прогресса, но и указал пути построения общества, в котором развитие науки и техники гармонически сочетается с интересами всего человечества. Ленин подчеркивал, что марксизм действительно требует соединения вчера и сегодня не на словах, а на деле. Он писал, что марксистская теория ставит вопросы "...не в смысле одного только объяснения прошлого, но и в смысле безбоязненного предвидения будущего и смелой практической деятельности, направленной к его осуществлению..." /1, стр.75/.

3. Становление научно-технической прогностики вступило в качественно новый этап с возникновением и претворением в жизнь концепции планового, управляемого государством развития науки и техни-

ки. Построение социалистического общества в СССР, создание мировой социалистической системы потребовало изучения перспективных проблем развития народного хозяйства и культуры, сделало проблему научно-технической прогностики для стран СЭВ весьма актуальной. В Отчетном докладе XXIV съезду КПСС товарищ Л.И.Брежнев указал: "Назрела необходимость совершенствования методов планирования. Оно должно опираться на более точное изучение общественных потребностей, на научные прогнозы наших экономических возможностей, на всесторонний анализ и оценку различных вариантов решений, их непосредственных и долговременных последствий" /2, стр.67/.

4. Творцы научно-технического прогресса всех времен и народов стремились предсказать пути развития науки и техники. Им принадлежат гениальные догадки, удивительные предвидения, которые впоследствии были блестяще осуществлены. Среди плеяды ученых, оставивших нам свои предвидения, выделяется по глубине и масштабам постановки проблемы будущего Циолковский, творческая деятельность которого в различных областях науки и техники была ориентирована на далекое будущее. Значительную часть своих усилий он потратил на обоснование и расчеты проектов, осуществление которых могло произойти лишь через многие десятилетия.

5. Подход Циолковского к проблеме будущего развития науки, техники и человеческого общества характеризуется прежде всего широтой, комплексностью и универсальностью. Он стремился предвидеть развитие не только отдельных отраслей техники, но и отдельных областей науки, включая биологию, медицину, астрономию, геологию. Причем свои прогнозы он стремился увязать с анализом социальных процессов. Эта широта прогностической деятельности Циолковского диктовалась универсальностью его творческой мысли. Он понимал, что предвидение развития одной области науки или техники (в отрыве от остальных, без учета социальных факторов) не может быть достоверным. Универсальность же, в свою очередь, подкреплялась этическим стимулом - стремлением найти все средства и предусмотреть все возможности для создания такой общественной организации, которая сможет обеспечить благоденствие каждого своего члена и будет способна к безграничному совершенствованию.

6. Положительной и в то же время отрицательной чертой прогностической деятельности Циолковского было преувеличение роли субъективного фактора в историческом процессе. Вера в безграничные творческие возможности человечества, в силу ума подталкивала Циолков-

ского и выводам прогностического характера, опиравшимся в основном на субъективное представление о необходимости того или иного явления.

7. Для Циолковского характерно разнообразие форм изложения его прогностических идей. Он излагает свои мысли об обществе и технике будущего и в фантастических повестях, и в научных статьях и книгах. Варьируется и модельность его суждений: от рабочей гипотезы до строго математически обоснованных выводов. Для Циолковского характерно также стремление понять основы, внутренний механизм всякого (научного и художественного) творчества, в том числе и прогностической деятельности.

8. Одна из задач симпозиума - выявить на конкретном материале прогнозов Циолковского особенности его творческого метода и дать анализ его творческим идеям, связанным с прогностической деятельностью. Изучение творчества Циолковского и его научного наследия будет способствовать раскрытию механизма процесса прогнозирования отдельным ученым, установлению всех необходимых факторов, способствующих осуществлению фантастических идей или научных гипотез.

9. В наше время уже недостаточно предвидения отдельных ученых, как бы гениальны они ни были. В развитии науки и техники произошли существенные сдвиги - увеличился объем знаний, колоссально возросло количество научных работников, на вооружение им поставлены мощнейшие технические средства, увеличилась общая скорость продвижения исследований и разработок. В условиях научно-технической революции, как никогда раньше, стали актуальными проблемы управления научно-техническим развитием. То, что в прошлом веке вызывало естественные изменения в концепции научно-технического развития один раз в 100 или 30 лет, сейчас может заставить "врасплох" в пять раз чаще - каждые 20 или даже 6-10 лет, если принимаемые решения о путях развития не будут базироваться на научно обоснованном предвидении и выборе направлений исследований и разработок.

10. Интуиция многоопытных рулевых науки сама по себе уже не дает возможности правильно и своевременно решать быстро усложняющиеся проблемы управления научно-техническим прогрессом. Обществу все дороже обходятся случаи, когда в какой-то отрасли исследований не подготовились к своевременному повороту на путь, наилучшим образом ведущий к цели, или не набрали предварительно в каком-либо определенном направлении скорость, необходимую для начавшегося в мировой науке очередного крутого подъема. Оптимальное управление

любой развивающейся системой требует наличия опережающей (прогнозной) информации о предстоящих потребностях, возможностях и последствиях управляющих воздействий. Это в особенности относится к управлению развитием науки.

II. Прогностическая функция органически присуща научным системам знания. Однако многолетний опыт реализации наукой этой ее функции относится почти исключительно к объектам - "предметам" научного изучения. Что же касается предвидения будущего самой науки и, в частности, организационных форм ее жизнедеятельности, то такого рода прогнозирование стало возможным лишь на основе научного подхода к изучению самой науки и научно-исследовательской деятельности. Научное прогнозирование является одним из важнейших направлений современного науковедения, разрабатывающего теоретические основы управления наукой. Опыт современной прогностики позволяет рассматривать научный прогноз как систему аргументированных и взаимосвязанных оценок возможных путей, результатов и последствий развития науки и техники, а также требуемых для их достижения организационных мер и ресурсов.

12. В мире насчитывается ныне порядка тысячи исследовательских организаций, специализирующихся в области научно-технической прогностики. В индустриально развитых странах на науковедческие исследования и прогнозные разработки тратится ежегодно порядка 2% всех расходов на науку. Ассигнования подобного рода признаются исключительно рентабельными - они дают прибыль, более чем в 50 раз превышающую соответствующие капиталовложения. Прогнозирование в условиях современной научно-технической революции приобретает характер систематического анализа тенденций и уточняющей оценки перспектив. При этом прогнозирование осуществляется тем успешнее, чем более органически оно связано с планированием научно-технического и социально-экономического развития. В этом - одна из принципиальных предпосылок успеха дела научного прогнозирования в социалистических странах.

13. Прогноз по отношению к плану рассматривается как этап подготовки предложений о возможных вариантах развития. План же по отношению к прогнозам является всегда результатом принятия определенных и подлежащих выполнению решений. Концепция научно-технического прогнозирования как одного из важнейших условий научно обоснованного планирования (в особенности перспективного планиро-

вания исследований и разработок) получает в последние годы в Советском Союзе широкое государственное признание.

14. Успех разработки научно-технических прогнозов во многом зависит от состояния прогностики как специальной отрасли знания, от организации всей системы прогнозирования в стране, от информационного обеспечения специалистов, занимающихся прогнозами. Видимо, настало время приступить к созданию единых общегосударственных методик научно-технического прогнозирования, которые обобщили бы имеющийся опыт разработки прогнозов и дали бы необходимые основы для прогнозирования как в отдельных областях науки и техники, так и научного потенциала страны и тенденций развития производительных сил.

Л и т е р а т у р а

1. В.И. Ленин. Карл Маркс. - В кн.: В.И. Ленин. Полн. собр. соч., т.26.
 2. Материалы XXIV съезда КПСС. М., 1971.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им.К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ТРУДЫ СЕДЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО
Калуга Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное
прогнозирование"

1972 г.

Г.И.Покровский

К ВОПРОСУ О РЕАЛЬНОМ СУЩЕСТВОВАНИИ В КОСМОСЕ
ОБЪЕКТОВ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ОБОЛОЧКАМИ ИЗ ОРБИТАЛЬНЫХ
КОЛЕЦ, ОКРУЖАЮЩИХ ЗВЕЗДУ

Как известно, К.Э.Циолковский в своих прогнозах освоения космоса человечеством настоятельно отмечал, что высокоразвитые существа будущего будут селиться непосредственно в космическом пространстве, создавая для этого особые космические конструкции, которые он называл "эфирными городами". Он писал: "Со временем почвенник (так он называл эту космическую конструкцию - Г.П.) удлинится и составит упругое растяжимое кольцо, вращающееся вокруг Солнца, как кольцо Сатурна вокруг него же. Тогда движение будет возможно по целой окружности. Но все же это не охватывает всей сферы. Потом колец может быть несколько в разных направлениях. Движение по ним более обширно, более охватывает сферу" /Г,стр. 32/. Это было написано Циолковским в 1919 г. Из сказанного видно, что уже тогда ученый предвидел возможность создания таких грандиозных конструкций, которые способны почти полностью перехватывать излучение звезды типа Солнца. При этом, очевидно, такая конструкция будет нагрета до некоторой определенной температуры, которая должна соответствовать той биосфере, которую создадут для себя высокоразвитые существа, построившие это космическое сооружение.

Известно, что в 50-х годах нашего века астроном Ф.Дайсон, обнаружив звезды, испускающие инфракрасное излучение, имеющие мощность, примерно равную мощности Солнца и размеры порядка размеров орбиты Сатурна, установил, что возникают пока непреодолимые трудности при попытке объяснить физическую сущность такого объекта.

Не зная работ Циолковского, Дайсон выдвинул самостоятельно

допущение о том, что такие инфракрасные звезды являются искусственно созданными космическими конструкциями, которые построили существа, достигшие чрезвычайно высокого уровня развития. Уже эти обстоятельства позволяют считать, что упомянутые выше инфракрасные звезды могут рассматриваться как доказательство некоторой реальности прогноза Циолковского. В связи с этим необходимо также подчеркнуть, что Циолковский прямо указывал на то, что в определенных местах космоса должны существовать цивилизации, достигшие высокого развития /2, л. 7; 3, лл. 121-122/. Он писал "космос, в общем, переполнен жизнью даже вышею, чем 'человеческая" /4, стр. 25/.

Эти вопросы уже рассматривались на Чтениях Циолковского в докладах Е.Т.Фаддеева /5/ и Ю.В.Бирюкова /6/.

В докладе автора, прочитанном на VI Чтениях Циолковского /7/, был проведен анализ системы орбитальных колец (образующих сферу, заключающую внутри себя звезду) с точки зрения небесной механики и строительной механики. Было показано, что вполне реальна система орбитальных колец различных диаметров с одним общим центром (совпадающим с центром массы звезды, вокруг которой эти кольца вращаются). Оси колец расположены в разных направлениях, лежащих в одной плоскости. Такие кольца могут перехватывать все излучение, испускаемое звездой. Однако свет звезды, отражаемый внутренними поверхностями орбитальных колец, должен в некоторой мере выходить в окружающее пространство через просветы между отдельными орбитальными кольцами. Энергия этого излучения должна быть по меньшей мере на порядок величины меньше энергии инфракрасного излучения, испускаемого внешними поверхностями орбитальных колец.

Максимум энергии в спектре излучения звезды, рассеяного внутренними поверхностями орбитальных колец, не может быть сильно смещен по длине волны избирательным отражением. Поэтому весьма вероятно, что он должен находиться в спектре примерно там же, где находится максимум энергии в излучении Солнца, т.е. около 0,5 микрона.

Инфракрасное же излучение, испускаемое внешними поверхностями орбитальных колец, должно соответствовать температуре несколько более, чем в десять раз меньшей температуры Солнца (всюду имеется в виду абсолютная температура). Это значит, что максимум энергии этой компоненты излучения должен, согласно закону Вина, со-

ответствовать длине волны порядка 10 микрон.

Таким образом, объекты, построенные из орбитальных колец, охватывающих центральную звезду, и предназначенные быть носителями некоторых высокоразвитых существ, т.е. обеспечивающие для них соответствующую биосферу, должны иметь спектр излучения с двумя максимумами, лежащими примерно на 0,5 и 10 микронах.

Обращаясь к данным, пока еще довольно скудных экспериментов по фиксации инфракрасных спектров ближайших к солнечной системе звезд /8/, можно установить следующее: среди звезд, дающих заметное инфракрасное излучение, можно выделить два объекта, у которых имеются (пока еще выявленные не очень точно) два максимума излучения, соответствующие указанным выше требованиям. Это, в первую очередь, объект "R" в созвездии Единорога. У него инфракрасная компонента примерно на два порядка мощнее компоненты видимого света. Таким образом, мы могли бы предположить, что соответствующим излучателем является довольно сильно замкнутая оболочка из орбитальных колец, охватывающая звезду типа Солнца. Нескольким менее точно выявляются два максимума в спектре объекта "T" в созвездии Тельца. Здесь инфракрасная компонента по энергии превосходит компоненту видимого света всего в несколько раз. Таким образом, можно предположить, что здесь наблюдается более раскрытая система орбитальных колец. Несмотря на менее точное выявление максимумов энергии в спектре излучения, по-видимому, и здесь имеется значительная степень соответствия рассмотренным выше прогнозам. Однако пока точность измерения распределения энергии в инфракрасной части спектра звезд еще недостаточна, чтобы по положению максимума иметь возможность достаточно определенно устанавливать температуру излучающих объектов. Поэтому пока представляется возможным иметь только примерное представление об этих температурах.

Несмотря на такую неопределенность можно считать, что имеется достаточно высокая вероятность, что представления Циолковского о гигантских космических конструкциях будут в дальнейшем укрепляться и развиваться по мере того, как будет уточняться инфракрасная спектрофотометрия звезд. Пока исследования этого рода оказывались возможными только в применении к наиболее близким звездам. Следует считать удивительным, что оказывается возможным даже при этих условиях обнаружить два объекта, в некоторой мере

удовлетворяющих прогнозу Циолковского.

Дальнейшее развитие исследований распределения энергии в инфракрасных спектрах звезд, вероятно, наиболее эффективно может осуществляться при помощи аппаратуры, расположенной на специальных астрономических станциях, выводимых в космическое пространство за пределы земной атмосферы. Это даст возможность избавиться от искажений в распределении энергии в спектрах звезд, обусловленных поглощением излучения земной атмосферой.

Во всяком случае следует считать, что научный прогноз Циолковского, рассмотренный нами, может оцениваться как плодотворный импульс, который ускорит развитие звездной спектроскопии, поставив перед ней совершенно конкретные и весьма интересные задачи.

Литература и источники

1. К.Э.Циолковский. Жизнь в межзвездной среде. М., 1964.
2. К.Э.Циолковский. Что делать на Земле (1928 г.). Архив АН СССР, ф.555, оп.1, д.461, лл. 2-28.
3. К.Э.Циолковский. Общественный строй (1917 г.). Архив АН СССР, ф. 555, оп. 1, д. 387, лл. 118-203.
4. К.Э.Циолковский. Монизм Вселенной. Калуга, 1925.
5. Е.Т.Фаддеев. К.Э.Циолковский как предтеча астросоциологии. — "Труды У и УІ Чтений К.Э.Циолковского". Секция "Исследование научного творчества К.Э.Циолковского". М., 1972, стр.12-25.
6. Ю.В.Бирюков. Развитие идеи распространения ноосферы за пределы Земли в трудах К.Э.Циолковского. — "Труды У и УІ Чтений К.Э.Циолковского". Секция "Исследование научного творчества К.Э.Циолковского". М., 1972, стр. 91-98.
7. Г.И.Покровский. "Эфирные города" Циолковского и опыт прогнозирования возможного развития солнечной системы. — "Труды УІ Чтений К.Э.Циолковского". Секция "Проблемы ракетной и космической техники". М., 1973, стр. 3-18.
8. "Infrared astronomy" edited by P.I.Brancazio and A.G.W.Cameron. 1967.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ СЕДЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1972 г.
--------	---	---------

И.А.Кольченко

К.Э.ЦИОЛКОВСКИЙ О ПРЕОБРАЗОВАНИИ ПРИРОДЫ

"Повиноваться природе для разумного существа значит управлять ею, неразумною силой, ибо природа в разумных существах приобрела себе главу и правителя" /I, стр.406/

Н.Ф.ФЕДОРОВ.

"Природа не храм, а мастерская и человек в ней работник" /2, стр.236/ - так выразил тургеневский Базаров взгляд рационализма конца XIX века на взаимоотношение природы и человека. Успехи естествознания содействовали распространению этого взгляда среди широкой публики, и к началу XX века в развитых странах Запада вполне установилось потребительско-утилитарное отношение человека к природе. Веру в способность и необходимость человеческого разума - творца культуры - неограниченно преобразовывать природу любым образом в зависимости от желания человека в той или иной мере разделяло большинство ученых.

В то время естественное воспроизводство большинства природных ресурсов намного превосходило потребности человечества и быстро исправляло дисгармонию в развитии природы, которую вносила в нее человеческая деятельность.

Интерес К.Э.Циолковского к освоению космоса возник в процессе его исканий путей безграничного продолжения человеческой истории, которая ограничена на Земле размерами планеты и природных ресурсов. Космос привлек его прежде всего своими безграничными пространством, энергией и веществом, которые способны обеспечить существование человечества и тогда, когда все земные воз-

возможности будут исчерпаны. Но в настоящее время, по мнению Циолковского, человечество использовало в своих интересах только ничтожную часть тех природных благ и научно-технических возможностей, которые, в принципе, были ему доступны. Поэтому ученый одновременно с разработкой научно-технических основ космонавтики значительную часть своих времени и сил тратил на прогнозирование научно-технического прогресса на Земле, в особенности в области преобразования окружающей человека среды.

До сих пор проекты Циолковского по преобразованию природы поражают воображение масштабами и радикальностью. Максимальное использование всех богатств Земли должно быть, по мнению ученого, необходимым этапом творческой деятельности человечества, предвещающим освоение космоса.

Прежде всего нужно улучшить существующие и вывести новые сорта и виды растений, которые полнее утилизировали бы солнечную энергию и давали бы больше питательных веществ. Циолковский возлагал на достижения в области улучшения сортов растений большие надежды. Он знал, что, например, Лютер Бербанк путем скрещивания растений и их отбора получил: сливу без косточек, картофель с 25% крахмала, род томата с картофелем на ветках и многое другое. Уже сейчас "некоторые растения используют до 10% солнечной энергии (таков кактус Бербанка), другие до 5% (банан и корнеплодные) ... Но растения еще можно культивировать отбором и искусственным оплодотворением. Возможно, что они со временем будут давать при идеальных эфирных условиях не 5 и не 10%, а 50% и более" / 3, стр.254/.

Современные успехи в выведении новых высокоурожайных сортов пшеницы, риса, сои, томатов и других сельскохозяйственных растений свидетельствуют об обоснованности казавшихся ранее фантастическими надежд Циолковского.

Растущая потребность человечества в продуктах питания, по мнению ученого, потребует максимального использования всех резервов сельскохозяйственного производства. Здесь Циолковский выдвигает фантастический проект радикального освобождения поверхности планеты от ненужных растений и животных и превращения ее в сплошные сельскохозяйственные угодья в виде гигантских сранжерей с искусственным климатом и абсолютно управляемым биогеоценозом.

Для осуществления этого проекта он предлагает создать специальную трудовую армию, с помощью техники культивирующую природу. "Первая полоса, в 10 м ширины, должна быть очищена без ограждения сеткой. После этого весь работающий фронт покрывается частой металлической сеткой, не пропускающей насекомых, змей, зверей и предохраняющей таким образом работников от болезней и вредителей. Сетка имеет вид длинного колпака, или ящика, кое где перегороденного такими же сетками... Это своего рода водолазный колокол или кессон. Затем площадь под сеткой обрабатывается и засаживается подходящими культурными растениями. При каждом шаге рабочей клетки вперед, задняя свободная полоса почвы, уже засеянная и засаженная, покрывается тотчас же неподвижной клеткой более упрощенного строения, так как ей передвигаться нет надобности" /4, стр. 627/. Одновременно человек научится управлять погодой, в результате чего облачность, влажность, содержание газов и "вообще состав атмосферы, так или иначе будет в руках человека" /4, стр. 16/.

"Как справиться с безводными и жаркими пустынями? - спрашивает ученый. - Как быть... с океанами и морями?" /4, стр. 11/. "Пустыня должна быть прикрыта особыми оранжереями-домами, чтобы сделаться земным раем" /4, стр. 12/, что же касается морей и океанов, то они могут быть частично осушены и так же, как и суша, очищены от бесполезных растений и животных, а затем заселены полезными.

Одновременно с преобразованием человеком внешней природы, по мнению Циолковского, может происходить и психо-физиологическое преобразование самого человека. "Жизнь на Земле прогрессирует и человек будет настолько же выше настоящего, насколько он теперь выше какой-нибудь лягушки" /5, л. 3/. При этом ученый допускает такие неожиданные метаморфозы, что считает необходимым неоднократно подчеркивать: "Говорю о подобии (современного человека - И.К.) будущему человеку только в смысле познания истины и целесообразности, а не в смысле тождества размеров, состава, органов чувств и т.д...." /6, л. 10/. Причем неожиданные радикальные психо-физиологические метаморфозы с человеком могут произойти уже сейчас, их появлению могут способствовать даже уже известные знания о наследственности, о воспитании, об образовании и т.д.

В соответствии со своим позитивистско-рационалистическим пониманием прогресса, важнейшую цель психо-физиологического совершенствования человека ученый видел в освобождении от

"страстей" и превращении человека в своеобразную "мыслящую машину" /7/. Такое вульгарно-механистическое понимание человека в истории было неоднократно раскритиковано и опровергалось самим ходом человеческой истории.

Важнейшей причиной психо-физиологической эволюции человека, по утверждению Циолковского, является не только раскрытие всех потенциальных творческих возможностей человека, но и приспособление его к новым физико-химическим условиям существования на Земле, возникающим в результате преобразования окружающей среды.

"В настоящее время, - отмечает Циолковский, - передовые слои человечества стремятся ставить свою жизнь все более и более в искусственные рамки, и не в этом ли заключается прогресс? Борьба с непогодой, с высокой и низкой температурой, с силой тяжести, с зверями, вредными насекомыми и бактериями не создает ли и теперь вокруг человека обстановку, чисто искусственную!

В эфирном пространстве эта искусственность только дойдет до своего крайнего предела, но зато и человек будет находиться в условиях, наиболее благоприятных для себя.

С течением веков новые условия создадут и новую породу существ, и окружающая их искусственность будет ослаблена и, может быть, понемногу сойдет на-нет...

Тогда эти существа будут уже как бы прирожденными гражданами эфира, чистых солнечных лучей и бесконечных бездн космоса" /3, стр.137/.

Прежде всего, возможно "со временем выработается порода существ, довольствующихся все меньшим и меньшим количеством кислорода, даже до одного процента..." /4, стр.21/. Ведь уже сейчас на Земле "есть существа с очень напряженной жизнью, и они довольствуются ничтожным количеством кислорода. Я говорю про крупных рыб" /там же/.

По мнению Циолковского, создание все более искусственной среды обитания человека на Земле неизбежно в процессе обеспечения наилучших возможностей реализации его творческих способностей, в первую очередь в области хозяйственной деятельности. Циолковский предлагал, например, освободить часть поверхности Земли от атмосферы для развития скоростного наземного транспорта. В космических же поселениях, целиком созданных руками человека из ве-

щества астероидов и других планет, человек будет жить уже в абсолютно искусственной среде.

Ученый был уверен, что с помощью техники человечество сможет создать условия для своего существования за счет использования солнечной энергии в эфирных городах, даже на громадных расстояниях от нашего светила. "Химической силы света для произрастания растений также достаточно даже для орбиты Нептуна, так как растения утилизируют и на Земле едва 1/5000 часть энергии солнечных лучей. На орбите же Нептуна, собственно на 5 миллиардов километров сила света равна 47 свечам, что составляет менее одной тысячной силы света у Земли (I/III7); но все же это в 5 раз больше, чем утилизируют растения на Земле. Была бы достаточная температура. Но ее как раз и не хватает. Однако мы увидим, что теплота может быть уловлена в особых снарядах и температура таким образом искусственно повышена вполне достаточно для растений и животных, может быть, даже до границ планетной системы... Кроме того, глубина планеты, под атмосферой, т.е. на жидкой или твердой ее поверхности, может быть очень велика, в зависимости от толщины газовой оболочки планеты" /8, л.7/.

Заселение солнечной системы искусственными городами в эфире необходимо для обеспечения бесконечного прогресса человеческой культуры, которой, кроме всего прочего, угрожают и мировые катастрофы. Циолковский был одним из первых ученых, размышлявших о путях их преодоления. "Не мешает знать те мировые враждебные силы, которые могут погубить человечество, если оно не примет против них соответствующих мер спасения. Знание всех угрожающих сил космоса поможет развитию людей, так как грозящая гибель заставит их быть настороже, заставит напрягать все свои умственные и технические средства, чтобы победить природу. Посильные борьба и препятствия развивают силу..." /9, л.4/. "Возможна ... гибель Земли от угасания нашего центрального светила. Я подразумеваю гибель живого и несознательного. Гибель же прогрессирующего населения, по моему твердому убеждению, всегда может быть устранима. Мы даже беремся указать средства" /8, л.17/. Этим средством была космическая ракета, с помощью которой Циолковский надеялся посетить самые удаленные уголки Вселенной.

Вера ученого в неограниченные возможности научно-технического прогресса породила уверенность в том, что человеческий разум, воплощенный в научно-технический прогресс, сможет в конце концов управ-

дять эволюцией Вселенной, и, таким образом, мысль станет "фактором в эволюции Космоса" /8, л.2/.

В коротком докладе нет возможности останавливаться на многочисленных интересных конкретных идеях Циолковского по преобразованию природы. Интереснее остановиться на критическом анализе вышеизложенных двух главных его идей в этой области: абсолютно искусственной среде обитания человека как идеала среды обитания и возможности безграничной трансформации биологического человека, вплоть до превращения его в "эфирное существо".

Одним из доводов ученого в пользу абсолютно искусственной среды существования человека была ее "абсолютная управляемость" /10/.

Но в силу сложности той же биосферы Земли и зависимости ее от человеческой деятельности "абсолютная управляемость" биосферы дело не только практически, но и теоретически неосуществимое.

Самое же серьезное возражение против абсолютно искусственной среды обитания состоит в том, что среда обитания и, главным образом, природа служит воспитателем нашей психики и нашего разума в полном смысле этого слова. Для нервной системы нужна постоянная смена и "игра" зрительных, слуховых и т.п. раздражителей. Природа дает нам бесконечное многообразие подобных раздражителей, и поэтому мы среди нее развиваемся и отдыхаем от пребывания среди мира рукотворных вещей. Уже сейчас можно утверждать, что не сможет развиваться здоровая психика у человека, постоянно находящегося под впечатлением конечного множества ограниченного числа одних и тех же раздражителей.

Что же касается перспектив и результатов "создания" бесстрастного человека и постепенного перерождения его в "эфирное существо", то человек является таковым пока он мыслит, чувствует и может преобразовать внешний мир и самого себя в соответствии со своими идеалами. Для всего этого необходима определенная психофизиологическая организация, к которой весьма близка современная. С изменением ее изменятся и те качества, которые делают человека таковым, и мы будем иметь дело уже с новым видом существ. Таким образом, не отрицая возможности и полезности определенного психофизиологического совершенствования человека в рамках сохранения его основных качеств и свойств, приходится констатировать, что радикальное изменение его биологической природы приведет к разрушению личности человека и современной культуры.

Идеи Циолковского о преобразовании природы имеют определенную ценность, как этап в истории человеческого самопознания, и их историческая ограниченность свидетельствует о смелости и безграничности человеческого познания.

Литература и источники

1. Н.Ф.Федоров. Философия общего дела, т. I. Верный, 1907.
 2. И.С.Тургенев. Отцы и дети. Полн. собр. соч., т. 8, М.-Л., 1964.
 3. К.Э.Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1926 г.). - В кн.: К.Э.Циолковский. Собр. соч., т. 2. М., 1954, стр. 179-260.
 4. К.Э.Циолковский. Будущее Земли и человечества. Калуга, 1928.
 5. К.Э.Циолковский. Разговор двух натуралистов о прошедшем и будущем "Я" (1924 г.). Архив АН СССР, ф. 555, оп. I, д. 436, лл. 2-8.
 6. К.Э.Циолковский. Органический мир Вселенной (1932 г.). Там же, д. 270, лл. I-15.
 7. К.Э.Циолковский. Ум и страсти. Калуга, 1928.
 8. К.Э.Циолковский. Разум и звезды. Архив АН СССР, ф. 555, оп. I, д. 244, лл. 2-70.
 9. К.Э.Циолковский. Мировые катастрофы. Там же, д. 247, лл. 4-33.
 10. И.А.Кольченко. Научно-технические и социальные прогнозы К.Э.Циолковского. - "Труды и Чтения К.Э.Циолковского". Секция "Исследование научного творчества К.Э.Циолковского". М., 1968, стр. 32-42.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ СЕДЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1972 г.
--------	---	---------

Б.К.Федюшин

РАЗВИТИЕ ИДЕЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО В ОБЛАСТИ
НАУЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ КАТАСТРОФ

К.Э.Циолковский является основоположником научного прогнозирования в области исследования и освоения Солнечной системы, то есть входящих в нее небесных тел и околосолнечного космического пространства /1, стр.124-127,136; 2,стр.260/. С полным правом можно сказать, что все сделанное до настоящего времени по исследованию и освоению солнечной системы находится в хорошем согласии с высказываниями Циолковского, и приходится поражаться как силе его научного предвидения, так и проницательности его ума. Одновременно Циолковский является основоположником научного прогнозирования в области переселения человечества в другую солнечную систему вследствие угасания по каким-то причинам нашего Солнца /1,стр.127,139; 2,стр.270/, в области постепенного расселения человечества по Галактике с помощью нерелятивистских межзвездных перелетов /1,стр.139/, а также в области различных глобальных катастроф космического и геологического характеров /1,стр.137-139/. Здесь Циолковский выступает, по нашему мнению, как разносторонний ученый и исключительно глубокий философ, который с достойной восхищения смелостью ищет научно обоснованные выходы из казалось бы совершенно безнадежных положений, в каких может очутиться человечество по космическим или геологическим причинам. Светлая вера в беспредельное могущество человеческого разума порождает оптимистические взгляды у Циолковского на возможности прогнозирования глобальных катастроф космического и геологического характера, а также на предотвращение их губительных для человечества последствий. Излагаемые в данном докладе идеи являются в значительной степени продолжением и развитием некоторых общих идей ученого,

указанных выше, и относятся к области классификации и научного прогнозирования всевозможных, а не только космических или геологических, глобальных катастроф.

Дадим прежде всего определение глобальной катастрофы, необходимое для дальнейшего исследования. Отметим, что оно носит предварительный характер. Предположим, что в Космосе или на Земле происходит какой-то нестационарный процесс, характеризуемый какими-то переменными параметрами. Предположим, что этот процесс вследствие своего развития в пространстве и времени становится опасным для существования человечества на Земле. Будем называть такой процесс катастрофическим в глобальном, то есть во всемирном, масштабе, а параметры, характеризующие его развитие в пространстве и времени, назовем катастрофическими факторами. Величина катастрофических факторов однозначно характеризует как уровень развития процесса, так и степень опасности достигнутого уровня развития процесса для человечества на Земле, причем, чем раньше обнаружен катастрофический процесс и изучено развитие характеризующих его катастрофических факторов в пространстве и времени, тем, разумеется, легче принять меры, направленные на предотвращение его хода, опасного для человечества на Земле. Поэтому исследование процессов на катастрофичность и научное прогнозирование их хода в случае ее обнаружения является важнейшей задачей науки. Если катастрофический процесс, происходящий в глобальном масштабе, достиг такого уровня развития, который угрожает существованию человечества на Земле, то есть характеризующие этот процесс катастрофические факторы достигли таких значений, которые несут гибель живущим на Земле людям в течение некоторого промежутка времени, то можно говорить о глобальной катастрофе, наступившей вследствие рассматриваемого катастрофического процесса. Следует отметить, что даже при наступлении глобальной катастрофы возможно в некоторых случаях принятие мер, направленных на изменение катастрофических факторов в безопасную сторону. Указанный выше промежуток времени может быть назван периодом глобальной катастрофы и в зависимости от типа последней может иметь самую различную длительность. Чем больше период глобальной катастрофы, тем, очевидно, легче бороться с ней.

Иногда приходится слышать мнение, что глобальная катастрофа наступает тогда, когда глобальный катастрофический процесс становится необратимым. Автор не разделяет этого мнения, а считает, что глобальная катастрофа наступает в результате развития глобального

катастрофического процесса тогда, как только характеризующие его катастрофические факторы достигают значений, которые способны вызвать гибель людей на Земле за период глобальной катастрофы. Представляется, что все глобальные катастрофические процессы обратимы, так как наука может предложить меры, направленные на изменение катастрофических факторов в безопасную сторону, причем даже при наступлении некоторых глобальных катастроф. Отрицать это значило бы не верить в беспредельное могущество человеческого разума, о котором говорил и в которое свято верил Циолковский /1, стр.136,139/.

Рассмотрев понятие глобальной катастрофы, перейдем к определению катастрофологии. Развитие науки неопровержимо доказывает, что на стыках различных отраслей науки возникают новые научные направления и даже новые отрасли науки, например, кибернетика и молекулярная биология. По мнению автора, в настоящее время на стыке многих отраслей науки может возникнуть и, по-видимому, возникает новое научное направление, которое следует назвать катастрофологией. Что же изучает катастрофология? Катастрофология - научное направление, занимающееся изучением различных естественных и социальных процессов, протекание которых может привести к глобальным катастрофам, занимающееся изучением взаимосвязи этих процессов, отысканием их общих черт и отличий друг от друга, а также проблемами научного прогнозирования и предотвращения возможных глобальных катастроф. Определение предмета изучения катастрофологии носит предварительный характер, как и определение глобальной катастрофы. Появление катастрофологии, по мнению автора, вполне закономерно и вызвано, с одной стороны, развитием естественных и социальных наук, а с другой стороны, быстрым ростом населения Земли и быстрым развитием цивилизации. Следует подчеркнуть, что по своему определению катастрофология интересуется только глобальными катастрофами, но она может изучать и так называемые локальные катастрофы, которые угрожают существованию людей в отдельных практически замкнутых областях земного шара.

Протекание нестационарных и стационарных процессов подчиняется, как известно, различным динамическим, статистическим и смешанным закономерностям. Это относится и к катастрофическим глобальным процессам. Отсюда следует, что для исследования протекания катастрофических глобальных процессов в пространстве и вре-

мени, для определения зависимости катастрофических факторов, характеризующих эти процессы, от координат и времени, то есть для научного прогнозирования хода катастрофических процессов и научного предвидения начального места и начального момента возможных глобальных катастроф, необходимо использовать многочисленные методы теоретической и математической физики, а также современную мощную вычислительную технику. Таким образом, катастрофология уже в настоящее время может быть обеспечена в значительной степени математическим аппаратом. Однако, по мнению автора, существующего физико-математического аппарата для решения целого ряда задач катастрофологии еще далеко не достаточно.

Все возможные глобальные катастрофы можно для удобства разделить на естественные, социально-естественные и социальные. Из самой разнообразной литературы, от строго научной до чисто фантастической, можно взять большое число примеров возможных глобальных катастроф. Предложенная классификация, несмотря на свой предварительный характер, охватывает все эти примеры полностью. Однако бывает трудно определить к какой группе относится данная возможная глобальная катастрофа.

Естественные катастрофы вызываются процессами, протекающими в природе независимо от деятельности человека, социально-естественные катастрофы являются результатами процессов, протекающих в природе вследствие деятельности человека, и, наконец, социальные катастрофы обуславливаются процессами, протекающими в обществе. Следует указать, что наиболее трудными для научного исследования являются социальные катастрофы, причем вопрос о них является дискуссионным в том смысле, что их изучение, возможно, не должно вообще входить в задачи катастрофологии. Однако, по мнению автора, катастрофология может и должна изучать социальные катастрофы, так как физико-математический аппарат и вычислительная техника уже сейчас и в предвидимом будущем могут быть применены к анализу некоторых процессов, происходящих в обществе.

Примерами возможных естественных глобальных катастроф являются глобальные катастрофы, вызванные столкновением Земли с другим небесным телом, в частности, с астероидом, появлением интенсивной космической радиации, появлением новых смертоносных микробов, геологическими процессами и т.д. Такие глобальные катастрофы, о которых

писал еще Циолковский, уже можно прогнозировать в ряде случаев на базе существующих научных достижений и даже можно говорить об активном предотвращении некоторых из них /1, стр.137-139; 3, стр.157/.

Примерами возможных социально-естественных глобальных катастроф являются глобальные катастрофы, вызванные загрязнением мирового океана нефтью и радиоактивными отходами, загрязнением атмосферы химическими и радиоактивными веществами, эрозией почвы вследствие ее отравления искусственными удобрениями, нарушением кислородного баланса Земли и изменением состава атмосферы вследствие сжигания огромных количеств химического топлива и т.д. /3; 4; 5; 6/. Эти глобальные катастрофы имеют одну характерную особенность - взаимосвязанность, так что следует говорить не об отдельных социально-естественных глобальных катастрофах, а о целом комплексе возможных социально-естественных глобальных катастроф, прогнозирование и предотвращение которого составляет в настоящее время основную цель катастрофологии. Здесь катастрофология стыкуется с рациональным планированием использования природных ресурсов в глобальном масштабе, что является жизненно важной задачей ближайших десятилетий /6/, но одновременно задачей необыкновенной сложности.

К возможным социально-естественным глобальным катастрофам относится также и гибель живой природы, то есть растительного и животного мира Земли, вследствие деятельности человека. В настоящее время, к сожалению, имеет место в ряде случаев варварское уничтожение живой природы человеком /5; 6; 7/, причем существующие законы по ее охране и принимаемые меры пока малоэффективны. К чему приведет деятельность человека по отношению к живой природе - сказать пока трудно, но совершенно ясно, что живая природа не является неисчерпаемой, а ее гибель чревата тяжелейшими последствиями для человечества, возможно, его вырождением и даже гибелью.

Наконец, рассмотрим в дискуссионном порядке примеры возможных социальных глобальных катастроф. В качестве примера таких катастроф часто указывают демографическую катастрофу, вызванную быстрым ростом населения Земли /8, стр.287-289/. Так как возрастание населения Земли не только прогнозируемо, но и, в принципе, контролируемо, то демографическая катастрофа носит искусственный и

надуманный характер. В качестве другого примера таких катастроф приводится так называемая информационная катастрофа, вызванная быстрым количественным и качественным возрастанием необходимой для жизни информации и ведущая к вырождению людей вследствие истощения их нервной системы /8, стр.259/. Информационная катастрофа носит такой же характер, как и предыдущая, потому что отбор информации для обучения может быть научно обоснован с учетом самых разнообразных факторов. Возможной социальной глобальной катастрофой является военная, то есть мировая война с применением ядерного, химического и биологического оружия. Ее прогнозирование и борьба за ее предотвращение ведутся пока только политическими методами.

Оптимистические взгляды Циолковского на силу человеческого разума, который способен прогнозировать и предотвращать космические и геологические глобальные катастрофы, являются, как нам кажется, хорошей основой для изыскания возможностей прогнозирования и предотвращения любых возможных глобальных катастроф. В настоящее время катастрофология еще только, по-видимому, зарождается, но у автора, есть объективные основания думать, что она будет развиваться, причем указанные выше взгляды Циолковского будут всегда способствовать ее развитию.

Л и т е р а т у р а

1. К.Э.Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1911г.).-В кн.: К.Э.Циолковский. Собр.соч., т.2. М., 1954, стр.100-139.
2. К.Э.Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1926г.).-В кн.: К.Э.Циолковский. Собр. соч., т.2. М., 1954, стр.179-260.
3. И.А.Резанов. Великие катастрофы в истории Земли. М., 1972.
4. Л.Д.Баттан. Загрязненное небо. М., 1967.
5. Р.Фирон. Проблема воды на земном шаре. Л., 1966.
6. Р.Парсон. Природа предъявляет счет. М., 1969.
7. Ж.Дорст. До того как умрет природа. М., 1968.
8. И.С.Шидловский. Вселенная, жизнь, разум. М., 1973.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им.К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга ТРУДЫ ВОСЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО 1973 г.
Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"

В.П.Сенкевич

КОСМОНАВТИКА КАК ОБЪЕКТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ,
ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Широко известен замечательный "План завоевания межпланетных пространств", представленный К.Э.Циолковским в его работе "Исследование мировых пространств реактивными приборами". Ученый крупными мазками набросал в нем картину развития человечества при быстром прогрессе авиации и ракетной техники, дал смелый и глубокий прогноз развития космонавтики. Вот краткое изложение его основных этапов.

1. "Устраивается ракетный самолет с крыльями и обыкновенными органами направления"/1, стр.271/. Цель- научиться управлять самолетом с ракетным двигателем, регулировать тягу и планировать при выключенном двигателе.

2. Крылья последующих самолетов понемногу уменьшаются, сила тяги и скорость увеличиваются.

3. Проникновение в очень разреженные слои атмосферы.

4. Полет за пределы атмосферы и спуск планированием.

5. Основание подвижных станций вне атмосферы (искусственные спутники Земли).

6. Использование космонавтами энергии Солнца для дыхания, питания и других житейских целей.

"...8. Устраиваются эфирные скафандры (одежды) для безопасного выхода из ракеты в эфир.

...10. Вокруг Земли устраиваются обширные поселения.

11. Используют солнечную энергию не только для питания и удобства жизни (комфорта), но и для перемещения по всей солнечной системе.

12. Основывают колоний в поясе астероидов и других местах солнечной системы, где только находят небольшие небесные тела"/1, стр. 273/.

13. Развивается индустрия в космосе, число космических станций множится.

14. "Достигается индивидуальное (личности, отдельного человека) и общественное (социалистическое) совершенство.

15. Население солнечной системы делается в сто тысяч миллионов раз больше теперешнего земного. Достигается предел, после которого неизбежно расселение по всему Млечному Пути.

16. Начинается угасание Солнца. Оставшееся население солнечной системы удаляется от нее к другим солнцам, к ранее улетевшим братьям"/1, стр. 273/.

Уже сегодня многие пункты этого гениального плана-прогноза выполнены. Это уже история труда тысяч людей, история достижений отечественной и мировой космонавтики.

Занимаясь непосредственно разработкой научно-технических вопросов, Циолковский постоянно выходит на обобщения во всех аспектах проблемы космонавтики, на связь космонавтики с другими направлениями развития науки, техники и общества в целом, синтезирует совокупность своих взглядов и дает прогноз развития человечества.

В прогнозах Циолковского мы четко прослеживаем системность и комплексность прогностического анализа, прогностической методологии, которую выработал для себя наш знаменитый мыслитель. В системе его представлений космонавтика выступает как многогранная область деятельности людей, как большая система, если обратиться к понятиям и терминологии современной науки.

Сегодня, полвека спустя, понятие о прогнозировании уже обрело строгие формы, создана и развивается специальная отрасль знаний о методах прогнозирования - прогностика. С другой стороны, космонавтика теперь уже вышла из стадии теоретических поисков и в течение шестнадцати лет бурно развивается как практическое направление, взаимодействуя с другими отраслями науки, техники и производства. И вполне понятно, что сейчас космонавтика стала одним из наиболее необходимых объектов прогнозирования. Рассмотрим этот вопрос более подробно. Прежде всего необходимо помнить о некоторых особенностях научно-технической прогностики. Первой такой особенностью является то, что в большинстве случаев в практике анализа используются так называемые большие системы, которые характеризуются:

- целостностью и единой целью, общим назначением;
 - большими размерами;
 - сложностью поведения и взаимосвязей между переменными;
 - высокой степенью автоматизации и применением вычислительных машин;
 - нерегулярностью внешних возмущений и невозможностью точного определения перегрузки;
 - наличием (в большинстве случаев) конкурирующих сторон
- / 2; 3 /.

Второй характерной особенностью является то, что прогностика требует учёта социально-экономических факторов. Сегодня прогноз выходит за рамки научно-технического прогноза и тесно переплетается с прогнозом политических ситуаций.

Третьей особенностью является то, что в отличие от многих классических наук, предмет изучения которых - устойчивые детерминированные процессы, прогностика имеет дело с динамическими случайными процессами, исследование которых связано со многими методическими трудностями.

Как показала практика исследования больших технических систем, прогнозирование их развития делится на две достаточно отличающиеся друг от друга фазы:

1. Выбор и построение структуры системы в целом (например, в космонавтике, рассматриваемой как система - это выбор целей и задач развития на прогнозируемый период) с комплексной оценкой различных факторов, построение "иерархического древа" целей, задач и требований к комплексам.

2. Проектирование самих компонентов системы, т.е. собственно разработка комплексов. При этом, если известна основная задача комплекса, полученная при рассмотрении большой системы, то и этап проектирования комплекса также можно разделить на те же две фазы, а именно: первая фаза - формулирование совокупности тактико-технических требований к комплексу и определение его облика при различных конкурирующих способах его построения; вторая фаза - рабочее проектирование выбранного варианта, предопределенного на первой фазе тактико-техническим заданием и предварительным обликом системы.

Наличие двух фаз в прогнозировании и проектировании является характерной чертой, дополняющей современную прогностику, если рассматриваются системы большого масштаба.

На схеме (рис. I) приведены некоторые современные методы прогнозирования научно-технического развития. Таблица иллюстрирует многообразие применяемых сегодня методов.

Прогнозы первого, второго и третьего эшелонов отличаются по глубине прогноза, составляющего для I - 15-20 лет, II - 40-45 лет, III - 100 лет и более / 4, стр. 16 /.

Не вдаваясь в оценку применяемых на практике методов прогнозирования, следует лишь признать, что единого, абсолютного, универсального метода на все случаи жизни нет. В каждом отдельном случае применяются свои методы. Нужно также отметить, что многие из них, как, например, экспертные оценки, пока еще с трудом пробивают себе дорогу в науку. Подобное отношение к новым методам было и в прошлом. В свое время математики отвергли как науку и теорию вероятностей, и математическую статистику, и другие дисциплины, включая и кибернетику. И это понятно, ибо каждый шаг в будущее требует преодоления некоторой косности в науке. Но совершенно очевидно, что дальнейший прогресс науки и техники во все большей мере зависит от научного уровня организации, прогнозирования и управления разработками как отдельных видов, так и всей науки и техники в целом.

Если внимательно рассмотреть характерные черты современной космонавтики, то можно констатировать, что она отвечает всем требованиям, предъявляемым к большой системе. Поэтому системный подход к прогнозированию ее развития и разработки перспективных программ и планов на различные периоды времени должен лечь в основу всех дальнейших исследований.

В чем же состоит задача перспективного прогнозирования и планирования развития космонавтики?

Она сводится к поиску оптимальных связей между желаемыми целями (задачами, требованиями) и техническими, научными, производственно-экономическими возможностями в создании и эксплуатации средств для достижения данных целей.

Анализ и прогнозирование развития космонавтики является комплексной проблемой и включает в себя следующие основные задачи: выбор целей развития космонавтики с учетом различных факторов, а также прогноза международной обстановки и оценки располагаемого потенциала; определение задач и требований в обеспечении выбранных целей; прогноз развития отдельных направлений и систем современной техники. Прогноз ведется с учетом:

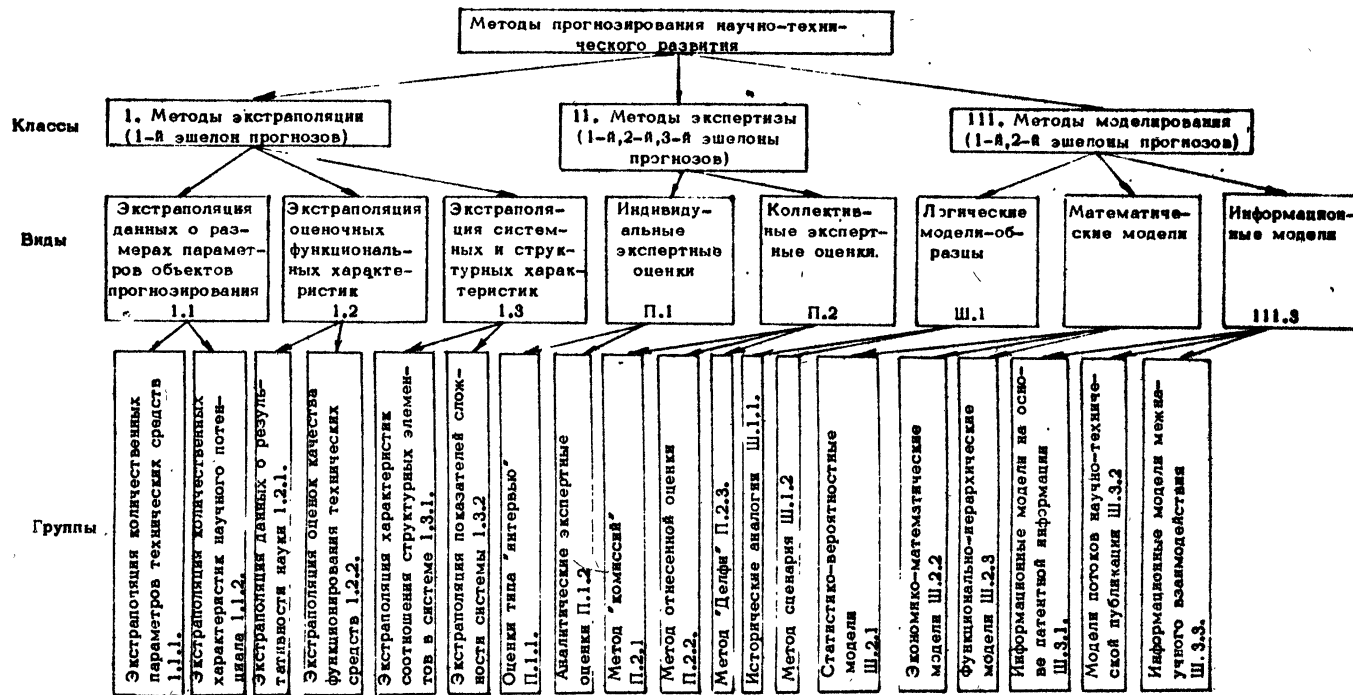


Рис. I. Классификационная схема основных методов прогнозирования научно-технического развития

- анализа целей, задач и требований к развитию отдельных направлений космонавтики и образующих ее систем;
- анализа и сопоставления состояния современной науки и техники;
- выбора совокупности проектов для рекомендации их разработки;
- выбора динамики разработок проектов и, в частности, определения сроков разработок;
- определения динамики развития научно-технической и экспериментальной базы.

В результате учета этих факторов формируется составной критерий "эффективность-стоимость-время", на основе которого и может разрабатываться проект перспективных программ по космонавтике и развитию техники.

Следует сразу отметить, что этот сложный процесс описан лишь условно и схематически по примеру таких отраслей, как авиация и электроника, но, однако, как кажется автору, позволяет судить в целом о некоторых явлениях, происходящих в современной космонавтике.

Рассмотрим подробнее на основе предложенной гипотетической схемы некоторые прогнозируемые цели, задачи, основные направления развития космонавтики в ближайшем будущем.

Цели и задачи. На основании проведенных комплексных исследований на этом этапе по существу и вырабатывается укрупненная стратегия развития космонавтики. Здесь работа комплексная и к ней могут быть привлечены математики, философы, социологи, инженеры, экономисты, юристы и т.д. При этом характерным является стиль исследований, сочетающий индивидуальные специализированные представления о том или ином объекте и коллективное представление о путях развития космонавтики в целом как сложной кибернетической системы. Эта работа, базирующаяся на результатах прогнозирования внешнеполитической обстановки и предполагаемых достижениях науки и техники, завершается разработкой рекомендаций по стратегии развития космонавтики и предложений по распределению усилий в развитии отдельных направлений, в пропорциях, наиболее оптимальных для решения главной цели страны в этой области на заданный период.

Главные цели страны в области исследования и освоения космоса, естественно, различны для каждого государства. Для нашей стра-

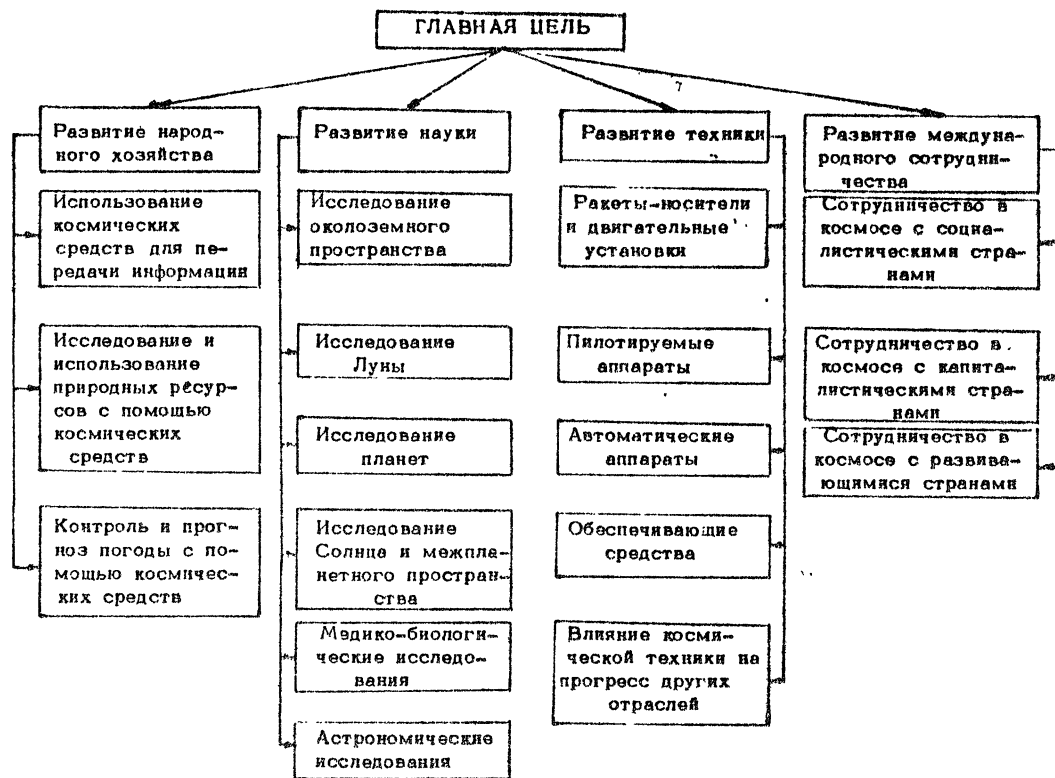


Рис.2. Возможная иерархическая структура целей, задач и основных направлений развития космонавтики в ближайшем будущем (верхние уровни)

ны цели развития космонавтики на ближайшие годы определены в директивах XXIV съезда КПСС на девятую пятилетку: "Проведение научных работ в космосе в целях развития дальней 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" / 5, стр. 244/.

Исходя из этого, можно далее рассмотреть второй уровень - отдельные направления космонавтики. К числу их уже сейчас можно отнести:

1. Развитие космонавтики в научных целях.
2. Развитие космонавтики для народнохозяйственных целей.
3. Развитие космической техники непосредственно как средства, обеспечивающего развитие космонавтики и прогресс в других отраслях.
4. Развитие космонавтики для целей международного сотрудничества.

Далее рассматриваются основные направления: определяются области применения (исследование Луны, планет и т.д.) и технические средства для решения поставленных задач (например, пилотируемая окололунная станция и т.д.). Возможная схема представлена на рис.2.

Эти направления могут иметь место в космических программах ряда стран: СССР, США и других. Однако доля распределения усилий на их развитие определяется общей стратегией государства, его внешнеполитическим курсом, уровнем и возможностями развития науки, техники и экономики, положением дел на международной арене.

Возможная модель развития техники

На рис.3 приведена одна из возможных моделей комплексного анализа развития техники. С помощью этой модели могут анализироваться вопросы перспектив развития техники и вопросы наилучшего развития базы, если последняя будет отражать динамику ее развития в зависимости от капиталовложений. В результате постановки и решения этой задачи можно определить общий путь оптимального развития космонавтики на период времени T , отражающий динамику разработок технических систем, а также и динамику развития промыш-

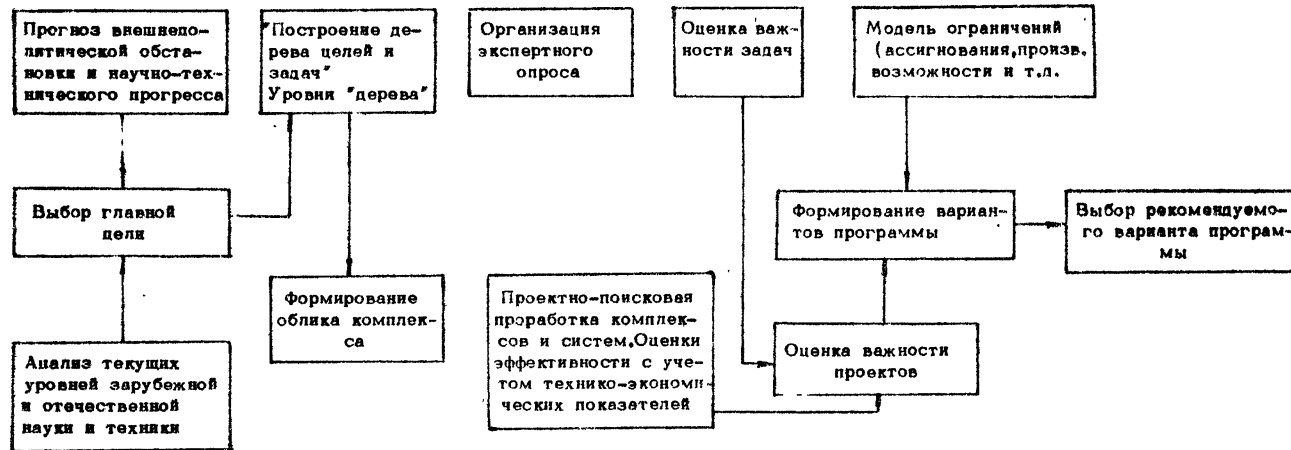


Рис.3.Одна из возможных моделей развития науки и техники

ленно-производственной базы. Результаты подобного прогноза могут служить основой для принятия ответственных решений, определяющих направления освоения космоса для разработки детальных планов работ по современной технике. На всех уровнях прогнозирования, планирования и управления развитием космонавтики и техники (как составного элемента космонавтики) широкое применение находят высокоинформативные электронно-вычислительные машины (ЭВМ) и другие современные средства автоматизированных систем управления (АСУ).

Л и т е р а т у р а

1. К.Э. Циолковский. Реактивные летательные аппараты. М., 1964.
 2. А.Д. Коваль, В.П. Сенкевич и др. Покорение космоса. М., 1972.
 3. Т.К. Гуд, Р.Э. Макол. Системотехника. Введение в проектирование больших систем. М., 1962.
 4. Науковедение. Прогнозирование. Информатика. Киев, 1970.
 5. Материалы XXIV съезда КПСС. М., 1971.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
ИМ. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ ВОСЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1973 г.
--------	---	---------

Ю.В.Бирюков

СРАВНЕНИЕ ПРОГНОЗОВ КОСМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
ЦИВИЛИЗАЦИЙ В ТРУДАХ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО И Ф.ДАЙСОНА

Важным событием Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э.Циолковского, становится симпозиум по научному прогнозированию. И это закономерно. Во-первых, потому, что уже не только выдающиеся мыслители, но и человечество в основной массе понимает значение прогнозирования, понимает, что все его действия вызывают далекоидущие последствия, зачастую противоположные тем, которые ожидалось, и что без глубокого научного исследования ожидаемых результатов нельзя осуществлять никаких крупных научных, технических и социальных программ и проектов. Иначе природе, а, следовательно, и обществу может быть нанесен непоправимый вред. Предвидение всех результатов деятельности человечества особенно важно в нашу динамичную эпоху научно-технической революции. Эта потребность породила новую самостоятельную комплексную область науки — научно-техническое прогнозирование, приобретающую с каждым годом все более важное значение.

Во-вторых, вся теоретическая космонавтика, начиная с основополагающих работ Циолковского, в сущности представляла собой научно-техническое прогнозирование развития совершенно новой области человеческой деятельности, поскольку ее основное содержание заключалось в выявлении целей и задач выхода человека за земные пределы, показе результатов, к которым должно прийти человечество в процессе освоения космоса, сравнительной оценке и обосновании наиболее перспективных путей и методов осуществления космических полетов. Серьезные элементы научно-технического прогноза содержатся в трудах всех пионеров теоретической космонавтики. А в трудах Циолковского представлена стройная идеология освоения космоса

человечеством, которая не только может быть сравнима с современными долгосрочными прогнозами развития космонавтики, но в ряде отношений и качественно превосходит их.

Прогностические труды Циолковского уже сыграли чрезвычайно важную роль в пропаганде идей космических полетов, в подготовке общественного мнения к развертыванию практических работ в этой области. Но этим их значение не исчерпывается.

Научно-техническое прогнозирование играет особенно важную роль в развитии космонавтики сегодня. Ведь космос — настолько обширное поле человеческой деятельности, что уже сейчас, в самом начале космической эры, имеется огромное количество возможных перспективных направлений развития космической техники. Для реализации каждого из этих направлений требуются огромные экономические затраты и продолжительное время. В конечном счете, каждое из этих направлений в результате его развития принесло бы пользу, намного превосходящую все затраты. Но при современном уровне развития производительных сил человечество на практике может достаточно быстро развивать только лишь некоторые из возможных направлений освоения космоса. В этих условиях выбрать оптимальную государственную космическую программу, включающую самые эффективные направления, крайне сложно. Надежной основой такого выбора могут быть лишь глубокие всесторонние долгосрочные прогностические исследования.

Сейчас идут споры о том, на сколь дальний срок можно считать прогнозы научными. В этом споре явно преобладают голоса сторонников сравнительно краткосрочных прогнозов — прогнозов на 10, 15, от силы на 25 лет; более далекие прогнозы обычно объявляются беспочвенным фантазированием. И это понятно: прогнозисты не имели в своей практике случаев разработки столь долгосрочных прогнозов, а тем более случаев проверки их достоверности. Ведь научное прогнозирование — совсем молодая область науки. Вот тут-то неоценимую помощь прогнозированию и может оказать глубокое исследование прогностической практики великого калужского провидца, а также оценка степени достоверности всех данных им прогнозов с современной точки зрения.

В процессе этого исследования нужно выяснить, насколько точно осуществились предсказания Циолковского о ранних этапах развития ракетно-космической техники и насколько совпадают его взгляды на далекие перспективы освоения космоса со взглядами современных ученых. Последнее особенно интересно, поскольку разработанная Циолковским программа освоения космоса человечеством, в наиболее полном

виде опубликованная в 1926 г. /1, стр. II5-II7/, до сих пор остается уникальным явлением в истории науки. Базируясь, как и современные научные прогнозы, на точной материалистической научно-технической основе, учение Циолковского о путях освоения космоса человечеством отличалось в то же время такой же всепленской широтой, как и утопические космические прогнозы его предшественников Н.Ф.Федорова и А.В.Сухова-Кобылина /2, стр. 93-94/.

В своем учении, которое теперь обычно называют космизмом /2, стр. 96/, Циолковский, выявив исходные причины космической экспансии человечества, рассмотрел мыслимый предел, к которому она должна прийти в процессе освоения и перестройки Солнечной системы с тем, чтобы в дальнейшем приступить к освоению Галактики. Подобный прогноз правомерно назвать предельным прогнозом.

Первые пункты программы освоения космоса, разработанной ученым, выполнены космонавтикой с удивительной точностью: отличия имеются лишь в технических деталях. Последние ее пункты рассчитаны на выполнение в течение будущих веков. И очень важно попытаться уже сегодня ответить на вопросы: насколько точным является этот предельный прогноз, исполнятся ли все последующие грандиозные пункты программы Циолковского с такой же точностью, как исполнились ее предыдущие пункты, можно ли использовать эту программу в качестве руководства к действию при составлении текущих долгосрочных прогнозов?

Эти поразительные, устремленные на много веков вперед, идеи Циолковского не получили должной оценки. Они даже вызвали насмешки со стороны некоторых его коллег. Так, например, французский пионер космонавтики Р.Эсно-Пельтри приводил в 1930 г. в своей книге "Астронавтика" высказывания Циолковского о расселении человечества в эфирных городах в околосолнечном пространстве в качестве обоснования того, что человек, высказывающий такие легкомысленные идеи, не может быть признан серьезным ученым /3, стр. 32/. Жизнь дала оценку этим взглядам Р.Эсно-Пельтри, но идеи Циолковского о перестройке всей Солнечной системы далеко еще не являются общепризнанными. Поэтому крайне интересен тот факт, что сорок лет спустя к этим же идеям, исходя из других предпосылок и преследуя иные цели, пришел другой ученый.

В 1960 г. американский физик Фримен Дайсон в статье "Поиски искусственных звездных источников инфракрасного излучения" /4/ фактически повторил предельный прогноз Циолковского о развитии космической цивилизации около звезды. Дайсон является крупным специалистом в области атомного ядра. Его работы оцениваются советскими учеными, как одни из самых интересных работ, богатых идеями и дающих большой материал для дальнейших исследований /5, стр.7/. Кроме того, он серьезно занимается проблемой развития космических цивилизаций, поэтому нам показалось интересным сравнить эти два предельных прогноза, сущность которых сводится к тому, что через несколько тысяч лет после вступления в стадию промышленного развития разумные существа полностью освоят материальные ресурсы в системе материнской звезды и создадут вокруг нее гигантскую оболочку, обеспечивающую оптимальные условия для своего существования за счет использования практически всей энергии звезды и всего вещества своей планетной системы.

Таким образом, спустя четыре десятилетия, специалист, находящийся на самом переднем фронте физической науки, использующий весь намного возросший арсенал современной теоретической физики, приходит к тому же выводу, что и Циолковский, и фактически повторяет "сумасшедший" (в самом лучшем смысле этого слова) прогноз Циолковского. Причем, наука и общество в целом благодаря революционному перевороту, вызванному запуском первого искусственного спутника Земли, уже подготовлены для освоения этой идеи. Работа Дайсона получила самый широкий отклик /8, стр.217-226/, и идея искусственной сферы жизни сразу же получила права на существование и стала называться именем ее "реоткрывателя".

В результате сравнения этих двух предельных прогнозов, мы видим, что у Циолковского, хотя он сказал об этой сфере буквально несколько слов, а Дайсон написал специальную статью, вопрос с принципиальной точки зрения был решен гораздо глубже. Дайсон остановился на полпути. Он не указал вероятного способа сооружения сферы, а только сказал, что цивилизация должна создать замкнутую оболочку вокруг своей звезды, и указал параметры излучения, которое должна давать такая искусственная инфра-звезда.

Сразу же нашлись опровергатели, которые, исходя из элементарных законов строительной механики, доказали, что создать сферу Дайсона в

принципе невозможно /9/. А указанные им параметры излучения оказались практически неотличимыми от параметров естественных объектов /10/. Таким образом, если бы наука остановилась в этом направлении на работе Дайсона, то можно было бы сделать вывод, что цивилизаций подобного типа среди изученных современной астрономией инфракрасных источников нет, а значит, их существование сомнительно. Вопрос мог бы надолго остаться открытым. Тем более, что вскоре сам Дайсон, сойдя с неуязвимой строгой физической позиции, решил выступить в роли мыслителя-идеолога будущего освоения космоса человечеством.

В результате он променял прекрасную и с физической, и с эстетической точек зрения идею сферы жизни, создание которой неизбежно требует целенаправленного труда всего объединенного человечества, на сомнительную идею человечества, разобренного на мелкие кланы, причудился друг от друга на астероидах и кометах на дальних окраинах Солнечной системы.

В 1970 г. "Литературная газета" /II/ опубликовала статью Дайсона, содержащую новый прогноз, исходное положение которого близко к исходному положению Циолковского. "Мне лично космонавтика представляется самой светлой надеждой на неприглядно темном фоне будущей судьбы человечества", - пишет Дайсон /II, стр. II/. Как и у Циолковского, у него расселение человечества по космосу обеспечивает его устойчивость перед угрозой глобальных катастроф и дает решение проблемы получения практически неистощимых материальных ресурсов. На этом сходство кончается.

Циолковский видит преимущества жизни в космосе в том, что легко получаемая в орбитальных поселениях среда без тяжести, с температурными условиями, составом атмосферы и питанием, оптимальными для человеческого организма, позволит максимально раскрыться всем возможностям каждой человеческой личности, что общий труд в процессе освоения космоса, направленный на достижение этих благ, приведет к общественному и индивидуальному совершенству людей, к бесконечному прогрессу человечества. Дайсон же видит основную пользу, которую принесет космонавтика, в возвращении людей к жизни в условиях малых группировок "... в местах, где можно спрятаться и бесследно исчезнуть, оторвавшись от назойливого приставания полицейских и бюрократов." /II, стр. II/. Он совершенно необоснованно считает, что "малые группы имеют преимущества и с генетической точки зрения" /II, стр. II/, т.к. чаще дают "вспышку гения", и что, укрывшись в космосе от всевидящих глаз правительств, наиболее смелые группы экспериментаторов смогут свободно

творить, не считаясь ни с какими этическими нормами, "...радикально нового человека, превосходящего нас по своим интеллектуальным качествам настолько же, насколько мы превосшли обезьян"/II, стр. II/.

Таким образом, мы видим, что Дайсон-идеолог противопоставляет великим гуманистическим идеям космизма Циолковского свои жалкие идеи безверия в социальный прогресс, свою буржуазную тоску по золотому для элиты веку античности и по сверхчеловеку, для создания и процветания которого хороши любые средства. Как мыслитель Дайсон не смог подняться над пессимистической идеологией воспитавшего его империалистического общества. Существующие в настоящее время общественные отношения эксплуатации и насилия, ставящие жесткие пределы проявлению творческих возможностей и личностей, и коллективов (пределы, путям преодоления которых так много уделил внимания в своих трудах Циолковский), Дайсон консервирует не только на сотни, но и на тысячи лет. Исходя из этого, он прогнозирует неизбежность уничтожения Земли и гибель в результате термоядерной катастрофы 99% человечества и высказывает лишь робкую надежду на то, что спасшийся один процент человечества обеспечит продолжение развития человеческого рода, но опять же не за счет социального прогресса, а только за счет расселения по огромным просторам окраин Солнечной системы, благодаря чему одновременное самоуничтожение человечества просто будет физически невозможно.

Пример Дайсона, особенно при сравнении с Циолковским, наглядно показывает, что можно быть блестящим физиком и честным ученым, всерьез озабоченным судьбами человечества, но из-за отсутствия четких методологических материалистических позиций оказаться полным банкротом в области идеологии вообще и идеологии освоения космоса, в частности. А это, в свою очередь, ущербно сказывается на основном, естественнонаучном творчестве ученого. Именно поэтому Дайсон и не сумел довести до конца столь перспективную идею сферы жизни и даже на полвека позднее не смог приблизиться к тому уровню творческого полета разума, который был нормой для Циолковского.

Все то, что мы сегодня знаем о тенденциях развития цивилизаций, показывает достоверность прогноза освоения Солнечной системы, данного Циолковским. Достаточно сказать, что главным источником богатства общества все в большей степени становится новая информация, а относительные затраты на ее получение все возрастают. Исходя из этого, можно представить те времена, когда большинство человечества и даже все человечество не просто перейдет работать в сферу науки, но и все работники этой сферы станут неминуемо творческими

работниками-исследователями. Но объем встающих перед человечеством новых научных проблем будет продолжать нарастать и требовать все нового расширения фронта исследований, охватить который в конечном счете человечество сможет не столько за счет постоянного совершенствования генотипа человека, сколько за счет быстрого количественного роста. По-видимому, именно это подразумевал Циолковский, постоянно связывая прогресс человечества с необходимостью выхода в космос для того, чтобы обеспечить возможность роста человечества в миллиарды раз и возможность максимального продления творческой деятельности каждой личности. Но правоту оптимистического прогноза Циолковского по сравнению с иронически-пессимистическим прогнозом Дэйсона доказывают не только подобные логические рассуждения.

Идея сферы жизни была подробно исследована советским ученым Г.И.Покровским, который дал инженерное решение создания такой сферы вокруг звезды с учетом всех сил, действующих на ее элементы /12/. И оказалось, что такая сфера должна быть не замкнутой, как у Дэйсона, а набранной из большого числа смещенных относительно друг друга орбитальных колец, то есть она должна быть именно такой, какой ее представлял себе Циолковский в работе "Жизнь в межзвездной среде", написанной в 1919 г. /13, стр.32/. Исследования профессора Покровского показали, что и параметры излучения такой искусственной звезды должны существенно отличаться от параметров, данных Дэйсоном. И на УП Чтениях Циолковского мы были свидетелями счастливого момента, когда профессор Покровский сделал заявку, быть может, на самое выдающееся научное открытие последнего десятилетия, поскольку ему удалось отождествить спектр двух реально существующих астрономических объектов с теоретически полученным им спектром искусственной системы орбитальных колец, окружающих звезду типа Солнца /14; 15/. Но, к сожалению, этот факт остается в тени. Только поэтому сегодня вся инфракрасная астрономическая техника мира еще не направлена на объекты Т в созвездии Тельца и Р в созвездии Единорога, и мы за прошедший год не получили ни одного нового факта в подтверждение или, на худой конец, в опровержение этого открытия.

Но зная другие работы Покровского, а также научную компетентность американских ученых, опубликовавших спектры объектов, отождествленных ими в качестве искусственных, есть основания с большой долей вероятности считать предельно долгосрочный прогноз космического развития цивилизации, данный Циолковским, получающим принципиальное

экспериментальное подтверждение.

Все это должно вызвать, наряду с огромными мировоззренческими последствиями, гораздо более пристальный интерес ко всей прогностической деятельности Циолковского, к утверждению понятия предельного прогноза и его места и значения в практике научного прогнозирования. А ближайший практический вывод из этого состоит в том, что при выборе направлений будущего развития космической техники необходимо еще ближе следовать концепции Циолковского, то есть направлять основные усилия на создание космического хозяйства Земли и условий для жизни и работы людей в свободном околоземном, а затем и околосолнечном пространстве, а не на освоение Луны и планет, ограничиваясь их исследованием лишь в научных интересах и, когда это окажется выгодным, в интересах практического освоения свободного космического пространства.

Л и т е р а т у р а

1. К.Э. Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами. Калуга, 1926.
2. Ю.В. Бирюков. Развитие идеи распространения ноосферы за пределы Земли в трудах К.Э. Циолковского. - "Труды У и УИ Чтений Циолковского". Секция "Исследование научного творчества Циолковского". М., 1972, стр. 91-98.
3. R. Esnault-Pelterie. L'Astronautique. Paris, 1930.
4. F. J. Dyson. "Science", 1960, v. 131, No. 3414, pp. 1667-1668.
Перевод: Ф. Дж. Дайсон. Поиски искусственных звездных источников инфракрасного излучения. - В сб.: Межзвездная связь. М., 1965, стр. 121-124.
5. Я. А. Смородинский. Предисловие к книге: Ф. Дайсон. Статистическая теория энергетических уровней сложных систем. М., 1963.
6. Ф. Дж. Дайсон. Гравитационные машины. - В сб.: Межзвездная связь. М., 1965, стр. 125-131.
7. Ф. Дайсон. Поиски внеземной инженерной деятельности. - "Земля и Вселенная", 1968, № 6, стр. 68-74.
8. И. С. Шкловский. Вселенная. Жизнь. Разум. М., 1973.
9. В. Д. Давыдов. Сфера Дайсона невозможна. - "Природа", 1963, № II, стр. 100-101.
10. Поиски "сфер Дайсона". - "Земля и Вселенная", 1967, № I, стр. 46.
11. Ф. Дайсон. Назад ... в космос. - "Литературная газета", 1970, 1 янв., № I, стр. II.

12. Г.И.Покровский. "Эфирные города" Циолковского и опыт прогнозирования возможного развития Солнечной системы. - "Труды УІ Чтения Циолковского". Секция "Проблемы ракетной и космической техники". М., 1973, стр.3-18.
13. К.Э.Циолковский. Жизнь в межзвездной среде. М., 1964.
14. Г.И.Покровский. К вопросу о реальном существовании в космосе объектов, являющихся оболочками из орбитальных колец, окружающих звезду. - См. данный сборник, стр.11-14.
15. Г.И.Покровский. Два возможных объекта поисков высокоразвитых цивилизаций. - "Природа", 1973, № 6, стр.97-98.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ ВОСЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1973 г.
--------	---	---------

Т.Л.Волковицкая

ПРОГНОЗ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО И НЕКОТОРЫЕ
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

В работе "Исследование мировых пространств реактивными приборами (1926 г.)" / I / К.Э.Циолковский приводит уникальный прогноз проникновения человека в космос, состоящий из 16 пунктов, которые он называет "ступенями". Из них II уже выполнены или будут осуществлены в ближайшие годы. Представляет несомненный интерес, хотя бы с чисто методологической точки зрения, проверить - в какой мере прогноз Циолковского оказался правильным.

Развитие ракетной и космической техники и достижения в исследовании и освоении космоса, свидетелями которых мы являемся, представляют обширный материал, который уже сегодня может быть предметом исторического анализа. Анализу можно подвергнуть даже более длительный, захватывающий ближайшее будущее, период. Ввиду большой сложности и стоимости каждого следующего шага в космос, от момента принятия программы до ее осуществления проходит несколько лет. Уже сегодня мы знаем сроки совместного полета "Союз" - "Аполлон", сроки следующих запусков автоматических станций к планетам, а также сроки испытаний американской крылатой ракеты-носителя, так называемого орбитального самолета.

Таким образом, для того, чтобы сделать выводы о методике прогнозирования космической деятельности, мы можем подвергнуть анализу прошедшие события, включая период начального развития космической техники, и первые годы космической эры, а также опубликованные программы ближайших лет.

На приведенном графике (рис. I) представлены две "ветвистые" кривые, качественно характеризующие развитие авиационной и ракетно-космической техники. "Ступени" прогноза Циолковского нанесены на эти кривые в соответствии с временной координатой (ось X - координата времени, ось Y - условно представляет мощность или грузоподъемность авиационных и ракетных аппаратов). Кривые выполнены не в масштабе и, как говорилось, дают чисто качественную характеристику. От кривой развития авиационной техники, представляющей экспоненту, одна ветвь уходит в виде логистической кривой - это винто-моторная авиация, развитие которой почти прекратилось после войны, в связи с появлением воздушно-реактивной авиации.

ПРОГНОЗ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО И НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ЗА 45 ЛЕТ.

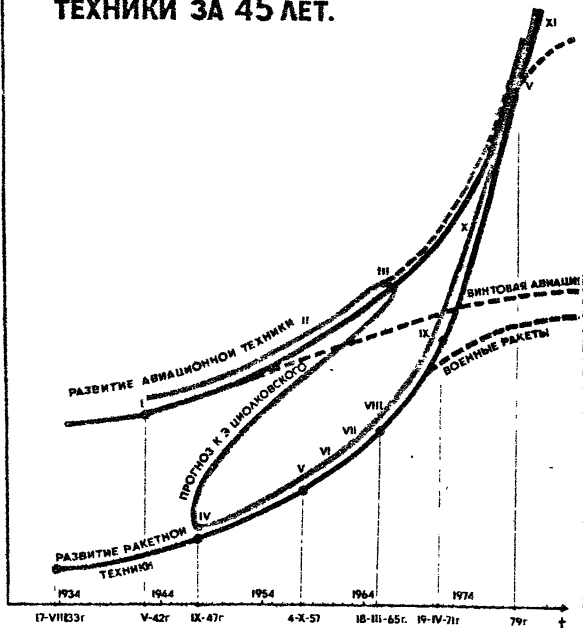


Рис. I

Пунктиром показаны еще две ветви - это прогноз автора: I) уменьшение интенсивности развития воздушно-реактивной авиации с ГТД (после создания орбитальных самолетов) ; 2) возникновение и развитие прямоточных самолетов. Нижняя кривая представляет развитие ракетной техники и космической техники, возникшей на базе ракетной техники. От этой кривой уходит логистическая ветвь военной баллистической ракетной техники. Ввиду отсутствия соответствующих данных ветвь дана пунктиром (догадки и прогноз автора).

За первую точку отсчета временной шкалы условно возьмем событие, которое произошло еще при жизни Циолковского. Это запуск ракеты "09" кон-

струкции М.К.Тихонравова 40 лет тому назад, 17 августа 1933 года. Последняя точка временной шкалы - это предполагаемый срок испытаний американского орбитального самолета (ОС), о котором речь шла выше - 1979 г.

Точки, отвечающие соответствующим "ступеням" прогноза Циолковского, дают третью кривую - кривую прогноза.

Мы приняли, что первая "ступень" Циолковского (самолет с крыльями и с ракетным двигателем) соответствует полету Г.Я.Бахчиванджи, состоявшемуся в мае 1942 года на самолете БИ-1 и ознаменовавшему рождение советской реактивной авиации.

II и III "ступени" (крылья уменьшать, силу мотора увеличивать, герметическая кабина) - это, условно, развитие воздушно-реактивной авиации в послевоенные годы.

IV "ступень" (рули в газовой среде, двоянный или строенный бескрылый самолет, заметное влияние на полет центробежной силы) отнесем к ракетной технике. Это первые запуски жидкостных баллистических ракет, стабилизированных при помощи газовых рулей, с научной аппаратурой - осень 1947 года /4, стр.14/.

V "ступень" (достижение первой космической скорости) лежит на ракетной кривой с временной координатой 4 октября 1957 года, но эта же "ступень" отмечена в I квартале 1978 г., когда должны состояться испытания ОС.

"Ступени" VI, VII, VIII, IX (экологическая система жизнеобеспечения, скафандр для выхода в открытый космос, оранжерея в космосе) достигнуты в последние годы на базе ракетной техники. "Ступень" VIII - космический скафандр - отнесен к конкретной дате, 18 марта 1965 года - день выхода космонавта А.А.Леонова в открытый космос.

В эпоху, соответствующую X "ступени" (поселения вокруг Земли), мы вступили 19 апреля 1971 года - в момент запуска орбитальной станции "Салют". Очевидно, ближайшие десятилетия, до конца нашего века и позже, будут характеризоваться созданием все более обширных "поселений" вокруг Земли со все более совершенной экологией и с более полным использованием солнечной энергии.

Одновременно будут совершаться исследовательские полеты автоматических аппаратов, а потом и людей к планетам солнечной системы. С некоторыми уточнениями это составляет содержание XI "ступени" Циолковского.

Кривая, соединяющая точки-"ступени" прогноза Циолковского, чрезвычайно, на наш взгляд, интересна с методологической точки зре-

ния. Это своеобразная "прогностическая петля", которая возникла в результате недоучета Циолковским обстоятельств, характерных для зарождения новой области техники, основанной на новом физическом принципе. Парадоксально, что Циолковский - изобретатель ракеты на жидком топливе - представлял себе развитие ракетной техники как простую экстраполяцию развития авиационной техники. В действительности же, при зарождении новой области всегда имеет место характерное параллельное развитие, а потом резкий рост "нового" с обгоном "старого".

Интересно отметить, что прогноз Циолковского с точки зрения его осуществления анализировался уже в сороковые годы. Во вступительной статье к книге Циолковского "Труды по ракетной технике" М.К.Тихонравов пишет: "Циолковский полагал, что авиация является первым этапом пути к космическим полетам, и умение летать в атмосфере - первым этапом в искусстве летать за атмосферой. Самолет, по Циолковскому, может быть в будущем превращен в космический корабль. Это мнение диаметрально противоположно техническим идеям Оберта и его школы, которая игнорирует роль авиации в развитии ракетной техники" /2, стр.22/.

Любопытное разногласие возникло в тридцатые годы между Циолковским и работниками РНИИ. В сборнике /3/ напечатана статья Циолковского, поступившая в Центральный Совет Осоавиахима в марте 1934 г., "Труды о космической ракете (1903-1927 гг.)". Там Циолковский несколько видоизменяет свой прогноз: первые его пункты говорят о значении ракетного автомобиля для решения задачи управления ракетным аппаратом. Знаменательно примечание редакции: "Общую программу практических работ по реактивному движению, излагаемую далее К.Э.Циолковским, нельзя признать правильной, так как опыты с автомобилями с той целью, с какой он их рассматривает, явно не нужны, коль скоро человек умеет летать на самолете. Умение управлять машиной в настоящий момент не является первоочередной проблемой. До момента полета человека в ракете должен быть пройден трудный путь создания ракетного двигателя" /3, стр.II/.

Итак, работники РНИИ в то время ясно видели пути развития ракетной техники. Хотя основные их усилия были направлены на создание ракетных двигателей, хорошо известно, что они не забывали о значении авиации для развития ракетной техники.

И ранее, еще в период деятельности ГИРД, Ф.А.Цандер, С.П.Королев

разрабатывали идеи не только непосредственно ракетной техники, но также идеи создания ракетного самолета. Идеи Цандера в этом направлении хорошо известны. Королев, как известно, разрабатывал ракетоплан еще в тридцатые годы. Необходимо отметить, что эта тема представляет значительный исторический интерес.

Особенностью развития ракетной и авиационной техники является их предстоящий синтез в виде различных конструкций орбитальных самолетов.

Некоторые идеи Циолковского о ракетопланах приобрели в связи с этим особый интерес. Например, его идея о переливании топлива в ракетоплан будет осуществляться с некоторыми изменениями все в том же первом варианте американского орбитального самолета.

Причины возникновения своеобразной петли в осуществлении прогноза Циолковского следует искать не только в недоучете законов развития новой техники. Причины "возвращения" кривой развития летательных аппаратов на авиационную ветвь кроются в своеобразии физических характеристик атмосферы. Это своеобразие лучше всего было вскрыто и графически представлено Р.Перельманом /5, стр.341/.

Из графика "скорость - высота полета" следует, что атмосфера "предоставляет" авиационной технике для достижения космических скоростей весьма узкий коридор. При малых скоростях полета подъемная сила, возникающая в атмосфере, слишком мала для поддержания аппарата, при больших скоростях полета сопротивление атмосферы слишком велико (к тому же сильно растет так называемая температура торможения), и у крылатого аппарата не хватает мощности для преодоления этого барьера.

Однако, когда мощность двигателей ракетного самолета будет достаточной для преодоления сопротивления атмосферы, а его конструкция будет приспособленной к высоким температурам, то ракетный самолет будет обладать преимуществом перед бескрылой ракетой, так как он сможет использовать высокую тягу двигателей и подъемную силу крыла.

Итак, мы приходим к выводу, что кажущаяся правильной линия развития технических средств, предполагающая совершенствование одного физического принципа с последующим переходом к использованию второго физического принципа, может быть нарушена (образуется временная "петля") в случае, когда появляется неучтенная возможность использования нового принципа раньше, чем старый принцип будет полностью исчерпан.

Л и т е р а т у р а

1. К.Э.Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами. Калуга, 1926.
 2. К.Э.Циолковский. Труды по ракетной технике. М., 1947.
 3. К.Э.Циолковский. Труды о космической ракете (1903-1927 гг.) --
- В сб.: Реактивное движение, № 2. М.-Л., 1936, стр.7-12.
 4. Л.А.Ведешин. Развитие в СССР ракетных исследований околоземного пространства. - "Из истории авиации и космонавтики", вып.15.
М., 1972, стр.3-25.
 5. Р.Г.Перельман. Цели и пути покорения космоса. М., 1967.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ ВОСЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1973 г.
--------	---	---------

В.В.Вериго

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ИДЕЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО
ОБ УПРАВЛЕНИИ БИОСФЕРОЙ И АВТОЭВОЛЮЦИИ

В научном наследии К.Э.Циолковского видное место занимают мысли выдающегося естествоиспытателя о направленном и управляемом изменении среды обитания человека и активном приспособлении самого человека к новым условиям существования. Естественный ход развития науки и техники привел к тому, что главное внимание уделялось тем идеям Циолковского, которые содержали в себе зерно конкретных технических решений тех или иных проблем практической космонавтики. Однако внимательное изучение произведений ученого показывает, что процесс завоевания человеком космического пространства мыслился им как необходимый и неизбежный этап развития человеческого общества и эволюции человека как биологического вида, а сопряженные с этим процессом технические достижения — как средства для выполнения поставленной цели: освоения энергетических и материальных ресурсов сначала Солнечной системы, а затем и других звездных систем. В своей работе "Цели звездоплавания" он указывает: "Главная цель и первые достижения относятся к распространению человека в эфире, использованию солнечной энергии и повсюду рассеянных масс" /I, стр.34I/. "Человек во что бы то ни стало должен одолеть земную тяжесть и иметь в запасе пространство хотя бы солнечной системы" /I, стр.367/.

В последнем издании своей классической работы "Исследование мировых пространств реактивными приборами" он дает развернутый план "...развития и преобразования аэропланного дела, достигающего высших целей", состоящий из 16 пунктов. Начиная с 10 пункта, автор рисует впечатляющую картину освоения сначала Солнечной системы, а затем и всей Галактики. В разделах этой работы "Общий

план космических достижений" и "Каковы же условия жизни в эфире?" наиболее четко изложены основные принципы создания в космосе искусственной среды обитания человека. В разделе "Развитие в эфире промышленности (индустрии) в самом широком смысле этого слова" Циолковский высказывает мысль о том, что завоевание человеком космического пространства является не просто очередным, хотя бы и великим научно-техническим достижением, а представляет собой грандиозный сдвиг, сравнимый по своему значению и последствиям с выходом первых позвоночных из первоначальной среды их обитания - океана, на сушу. "Борьба эта была трудна, но победа была в конце концов одержана. Так же будет одержана победа и при переходе существ из воздуха в эфир. Для перехода на сушу нужны были мускулы, а для перехода из воздуха в пустоту - развитие промышленности, в особенности моторной ... в эфире, в царстве непрерывного света и шестистороннего простора, индустрия и эволюция разумных существ ... должны достигнуть неслыханных успехов" /2, стр.253/.

Здесь же Циолковский упоминает о том, что процесс освоения человеком космического пространства должен быть двусторонним и идти как по линии конструирования биосферы с привычными условиями обитания, так и по пути адаптации самого человека, как биологического вида. Более подробно эти мысли развиваются в других трудах, среди которых особое значение имеет работа "Живые существа в космосе". В ней Циолковский указывает на возможность высокоразвитых существ осваивать относительно менее пригодные для жизни экологические ниши: "Местами, неудобными для жизни низших существ, могут завладеть сознательные, с высшим развитием знания и техники" /3, стр.300/. В этой же работе он неоднократно излагает свое мнение о том, что адаптация человека может и должна идти не только с помощью создания новых технических средств, но путем биологической автоэволюции. Он указывает, например, на возможность реконструкции дыхательных органов: "Такие существа вполне возможны на миллионах миллиардов иных планет. Они, может быть, появятся и на Земле: естественно или искусственно, когда человек примется за преобразование своего тела" /3, стр.302/.

Таким образом, Циолковский может по праву считаться одним из ученых, впервые сформулировавших проблемы управления и конструирования биосферы и направленной эволюции человека, которые стали столь актуальными уже через относительно короткий период.

Дальнейшее расширение сферы обитания человека, обусловленное как научными и хозяйственными причинами, так и резким увеличением численности человечества, требует углубленного исследования влияния природных факторов среды на организм в процессе эволюции. Помимо этого, в значительном числе случаев современные условия обитания представляют собой среду, не сопряженную с природным генетическим кодом человека. Необходимо иметь в виду, что адаптация человека к смене условий обитания и вообще развитие человечества и его технический прогресс требуют качественных изменений его взаимосвязи с окружающей средой. В работе /4/ В.В.Парин наметил широкую программу исследований адаптации человека к смене условий обитания, подчеркивая, что развитие человечества и его технический прогресс ведет к качественным изменениям его взаимосвязи с окружающей средой.

С другой стороны, интенсивное и до сих пор практически почти не контролируемое развитие промышленности и рост народонаселения ведут к разрушению естественных биогеоценозов. Эти деструктивные явления уже сейчас достигли такого размаха, что могут привести к необратимым нарушениям всей естественной среды обитания человека, если в ближайшие десятилетия не будет введена эффективная всемирная система контроля и регулирования факторов, определяющих функционирование биосферы Земли. Известные прогнозы группы Медоуза /5/, составленные на основании моделирования с помощью ЭВМ, справедливо критиковались советской научной общественностью за их излишнюю пессимистичность, однако само требование о введении указанной системы контроля и широких региональных и мировых программ регулирования биосферы не может вызывать сомнения. Литература с конкретными предложениями по данному вопросу практически необозрима, укажем лишь работы /6; 7; 8/, где детально рассмотрены такие проблемы, как загрязнение окружающей среды, новые аспекты освоения космоса и океана, мероприятия по контролю над погодой, воспроизводство пищевых ресурсов и т.д., и сделаны конкретные предложения по созданию в 70-80 годах текущего столетия международной структуры для проведения в жизнь системы мероприятий по сохранению биосферы. Как известно, в нашей стране во исполнение решений XXIV съезда КПСС ведется активная борьба за сохранение биосферы, принят ряд законодательных актов и заключены соответствующие международные соглашения.

Можно констатировать, что создалась парадоксальная ситуация: прежде, чем были полностью и исчерпывающе решены проблемы создания малых автономных биологических систем жизнеобеспечения для космических кораблей, орбитальных станций и первых колоний на естественных

телах Солнечной системы, возникла необходимость решать эти проблемы в глобальном масштабе для самой Земли. Следует признать весьма вероятным, что к тому времени, когда будет создана возможность действительно эффективного контроля и управления всей биосферой Земли, естественные биогеоценозы на ее поверхности будут сохранены лишь в ограниченном числе в качестве паритетов. Это означает, что биосфера будет настолько преобразована в ходе научно-технического прогресса, что противопоставлять ее другим типам конструированных человеком биосистем жизнеобеспечения будет разумно лишь по ее размерам, а не на основании антиномии "естественное" - "искусственное". С другой стороны, выбор параметров, характеризующих стабильное состояние биосферы будет, в свою очередь, определяться программой саморазвития человечества как биологического вида. Отсюда вытекают два важных следствия. Во-первых, неизбежность глобальной трансформации биосферы Земли в течение ближайшего столетия в некую гигантскую управляемую систему жизнеобеспечения снимает морально-этические возражения по поводу проектов перестройки природы других планет Солнечной системы, в частности попыток создания на их поверхности искусственных биоценозов. Правомочность подобного рода проектов должна рассматриваться с точки зрения степени изученности исходного состояния планеты, целесообразности данного плана перестройки ее природы и возможности прогнозировать этот процесс и управлять им. Надо подчеркнуть, что нет необходимости связывать проекты освоения других планет с гипотезой об ортоэволюционном пути развития человечества, против которой выдвигаются серьезные возражения, связанные с возможностью возникновения информационного и организационного кризисов. Подробно эти вопросы исследуются в сборнике /9/. Во-вторых, человечество впервые получает возможность развиваться не адаптируясь к среде обитания или локально изменяя ее в интересах отдельных групп людей, а управляя процессом развития и трансформации всего комплекса биосферы, составной частью которого является сам человек. Этот процесс развития неизбежно будет включать регулирование возрастной, половой и профессиональной структуры человеческой популяции и даже, может быть, управление генотипом человека.

Эффективное и устойчивое управление подобной большой системой невозможно без предварительного тщательного прогноза и анализа последствий управляющих воздействий. Одним из главных инструментов подобных исследований должны стать методы математического моделиро-

вания. Плодотворность применения этих методов к исследованию явлений биоэволюционной природы была с успехом продемонстрирована еще в известной работе А.А.Ляпунова и О.С.Кулагиной, в которой излагались результаты моделирования на ЭВМ динамики популяций, в том числе процессов видообразования /10/. Однако в настоящее время трудности адекватного описания действительной структуры большинства биосистем представляют практический интерес и вынуждают ограничиваться лишь качественным исследованием их с помощью грубых моделей или имитационным моделированием. Другая группа трудностей, о которой говорилось в докладе /II/, связана со сложностью измерения и идентификации параметров, характеризующих данный биогесценоз, даже в том случае, когда структура его и характер трофических и иных связей в нем установлены сравнительно полно. В настоящее время успешное и осмысленное применение математических методов к анализу динамики биосистем возможно лишь в том случае, если ему предшествует большой и кропотливый труд наблюдателя-биолога.

Группой сотрудников Института медико-биологических проблем под руководством автора данного доклада было проведено моделирование процесса преобразования атмосферы Венеры с помощью имплантации в нее организмов, осуществляющих процесс фотосинтеза (указанная идея принадлежит американскому ученому К.Сагану). Освобожденный при фотосинтезе кислород может связываться минеральными породами на поверхности планеты, что уменьшит массу атмосферы и разрушит парниковый эффект. Полученные при ряде упрощающих предположений результаты расчетов показывают чрезвычайное разнообразие, пластичность происходящих процессов и в ряде случаев их неустойчивость, обусловленную не только газодинамическими факторами, но и вариациями значений параметров, характеризующих биологические свойства имплантированного агента.

Реализация идеи Циолковского о направленной автоэволюции человека, включая реконструкцию его генотипа, представляется в настоящее время достаточно проблематичной. Причины этого не в последнюю очередь сопряжены с тем обстоятельством, что воплощение этой идеи вступает в противоречие с установившимися аксиологическими системами большинства людей. Автоэволюция, включающая кардинальную перестройку генотипа, по существу означает, что человеку в нынешнем его понимании придется исчезнуть с лица Земли, ибо он соотносился бы с новым, преобразованным видом, как австралопитек или неандерталец с нами. Биотехнический переворот может обесценить в определенной степени духовное наследие человечества, ибо для существа, которому

его собственное тело подчиняется так же, как среда, не существовало бы многих человеческих проблем. И, наконец, наибольший протест могут вызвать планы адаптации человека к космосу, как экологической нише, условно называемые рядом современных авторов "киборгизацией". Тем не менее, детальное и всестороннее обсуждение вопроса, проведенное, в частности, в прогностических исследованиях /9/ и /12/, показывает, что в поддержку идеи реконструкции человека как биологического вида могут быть высказаны не менее убедительные доводы. Как замечает С.Лем /12/, принципиальный противник биоконструирования не может ограничиться возражениями против планов реконструкции человеческого организма, а должен, отказавшись от всех достижений цивилизации, "удалиться на четвереньках в лес". Надо заметить, что против многих методов (например, методов врачебной терапии) в свое время также имелись возражения и только с течением времени применение этих методов перестало вызывать внутреннее сопротивление у большинства людей.

История цивилизации представляет собой процесс расширения пределов гомеостаза. Человек остается последним "творением природы" внутри созданного им мира. Но такое состояние не может продолжаться до бесконечности, вторжение созданной человеком технологии в его тело неизбежно.

Весь ход развития науки и техники убедительно свидетельствует о том, что идеи Циолковского, даже самые казалось бы фантастичные и оторванные в момент своего возникновения от повседневной практики, со временем либо реализуются, либо становятся постепенно все более актуальными и начинают служить предметом широких научных дискуссий. Можно не сомневаться, что научное наследие Циолковского будет играть стимулирующую роль генератора идей еще для многих поколений научных работников в нашей стране и за ее пределами.

Л и т е р а т у р а

1. К.Э.Циолковский. Цели звездоплавания. - В кн.: К.Э.Циолковский. Реактивные летательные аппараты. М., 1964, стр.341-368.
2. К.Э.Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1926 г.). Там же, стр.188-273.
3. К.Э.Циолковский. Живые существа в космосе. - В кн.: К.Э.Циолковский. Путь к звездам. М., 1960, стр.297-310.
4. В.В.Парин. Человек, биосфера и технический прогресс. - "Журнал общей биологии", т.34, № 2. М., 1973, стр.163-173.

- 5D.H.Meadows, D.L.Meadows, I.Rangers, W.W.Behrens. The Limits to Growth. A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. N.-Y., Universe books, 1972.
6. Л.Д.Паттан. Загрязненное небо. М., 1967.
7. Р.Парсон. Природа предъявляет счет. М., 1969.
8. Ж.Дорфт. До того как умрет природа. М., 1968.
9. Л.М.Гиндилис, С.А.Каплан и др. Внеземные цивилизации. Проблемы межзвездной связи. М., 1969.
10. О.С.Кулагина, А.А.Ляпунов. К вопросу о моделировании эволюционного процесса. - В сб.: "Проблемы кибернетики", вып.16. М., 1966, стр.147-169.
11. В.В.Вериго, Ю.М.Свирижев. Некоторые проблемы конструирования искусственных биосистем. - "Труды VI Чтений К.Э.Циолковского". Секция "Проблемы космической медицины и биологии". М., 1972, стр.7-15.
12. С.Лем. Сумма технологий. М., 1968.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
ИМ. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ ВОСЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1973 г.
--------	---	---------

Б.И.Желтецкий, В.П.Сенкевич, Ю.Л.Яковлев

МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ
С УЧЕТОМ РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

В работе "Исследование мировых пространств реактивными приборами" (1926 г.) К.Э.Циолковский предложил перспективный план завоевания межпланетных пространств. Этот план начинался с работ ближайшего периода по созданию и отработке ракетного самолета, включал в себя работы по его усовершенствованию с постепенным переходом к созданию и отработке ракетоплана. Дальнейшие мероприятия плана предполагали постепенное освоение человеком космического пространства на очень далеком перспективу, вплоть до угасания Солнца. Разработкой этого плана Циолковский показал, что работы в указанном направлении могут и должны быть начаты немедленно с конкретных технических разработок, и одновременно ориентировал их на далекие перспективные цели. В наше время, когда часть работ этого плана уже выполнена и работы ведутся широким фронтом на современном индустриальном уровне, роль перспективных программ и прогнозов развития современной техники неизмеримо выросла. Разработка перспективной программы развития современной техники, ее согласование с общими целями развития общества и ресурсами считается очень важной задачей и является важнейшим условием ее успешного развития на современной индустриальной основе.

В настоящем докладе рассматриваются вопросы применения математических моделей в процессе формирования программ развития крупных направлений техники. Предполагаемые модели могут быть использованы, в частности, при разработке перспективной программы развития техники.

Для построения перспективной программы развития техники может быть предложена модель распределения ресурсов по многим проектам. В исходной информации для этой модели задается перечню проектов ($n = 1, 2, \dots, N$), которые должны быть осуществлены

в предстоящий период времени, а также директивные сроки T_n осуществления проектов. Каждый проект представляется укрупненной сетевой структурой работ, содержащей небольшое число работ и отражающей распределение разработки проекта по этапам и специализированным организациям. Сети всех проектов вместе с межпроектными связями дают общую сетевую структуру программы развития техники.

Ограничения на разработки проектов выражены в понятии ресурсов, представляющих собой мощности специализированных организаций, выполняющих разработки проектов. Мощность организации измеряется агрегированным показателем - объемом работ в финансовом выражении в единицу времени. Прогноз ресурсных ограничений $R_j(t)$ ($j = 1, 2, \dots, K$) на прогнозируемый период T входит в исходную информацию модели. Необходимо также иметь прогноз общего финансирования работ $R_0(t)$ на период T , представляющий собой внешнее ограничение на темпы развития техники со стороны экономики.

Для каждой работы ($i = 1, 2, \dots, M$), входящей в сетевую структуру программы развития техники, задается общий объем затрат S_i^* и диапазон возможных скоростей ее выполнения $[V_i^{min}, V_i^{max}]$, а также индекс ресурса $j(i)$, необходимого для ее выполнения.

Общая постановка построения оптимальной программы развития техники состоит в следующем: найти темпы выполнения работ $V_i(t)$, удовлетворяющие ресурсным ограничениям, сетевой логике последовательности выполнения работ и дающие минимальное значение некоторому критерию оптимальности, характеризующему успешность осуществления программы разработок относительно заданных директивных сроков T_n . Методов строгого решения такой задачи нет. Для ее приближенного решения можно предложить алгоритм пошагового распределения ресурсов во времени по текущему фронту работ с учетом их срочности, зависящей от заданных директивных сроков T_n . Алгоритм выделяет на каждом шаге времени t работы, выполнение которых до-

пускает сетевая структура, упорядочивает эти работы в зависимости от резервов времени и места проекта в приоритетном ряду, отражающем структуру предпочтений на верхнем управляющем уровне к задержкам в сроках разработок проектов, и затем распределяет имеющиеся ресурсы. Выходом модели является линейный план-график работ $V_i(t)$, дающий подробный ход выполнения программы (прогноз). Более укрупненное представление программы дается таблицей $\chi_n(\bar{t})$ ежегодного финансирования разработок проектов.

Описанная модель позволяет получить основные характеристики программы: сроки начала и окончания разработок, темпы работ, степень использования ресурсов и периоды их дефицита. Модель позволяет получать различные варианты программ развития техники при рассмотрении вариантов номенклатуры проектов, их упорядочения, директивных сроков и прогнозов ресурсов. При задании обширного исходного списка проектов модель можно использовать для решения вопроса об ограничении списка проектов, если указать допустимые правые пределы для времени завершения их разработок. Полученная информация по срокам дает основание для корректировки первоначально установленных директивных сроков разработок T_n . Наконец, информация о степени использования ресурсов и периодах их дефицита позволяет делать обоснованные заключения о распределении капиталовложений, обеспечивающих необходимый рост ресурсов.

В модели распределения ресурсов используются дальние прогнозы по ресурсным ограничениям. Прогнозирование ресурсов типа мощностей специализированных организаций возможно лишь на основе известной политики капиталовложений. Таким образом, политика капиталовложений, состоящая в распределении их объема по специализированным организациям, через ресурсные ограничения оказывает большое влияние на ход работ по программе. Поэтому вопросы распределения капиталовложений должны быть включены в схему программирования развития техники.

Для решения этих вопросов можно предложить модель, использующую описанную выше модель распределения ресурсов вместе с ее входной информацией за исключением прогнозов по ресурсам $R_j(t)$. В модели используется линейная зависимость ресурсов от основных фондов, позволяющая выразить зависимость ресурсов от капиталовложений, которые относятся к управляемым переменным. В модели рас-

считаются два ограничения на развитие техники со стороны экономики: прогноз общего финансирования работ $R_0(t)$ и прогноз общего объема капиталовложений $f(t)$.

Задача оптимального программирования ставится следующим образом: найти распределение ограниченных капиталовложений по специализированным организациям, дающее минимальное значение критерию оптимальности в виде суммы всех запаздываний сроков завершения разработок относительно заданных сроков. Значения времени окончания разработок проектов получаются в результате применения модели распределения ресурсов. Поставленная задача является многомерной задачей оптимизации для переменных $J_j(t)$ на ограниченной области, выделяемой равенствами

$$\sum_{j=1}^K J_j(t) = f(t).$$

Для решения этой задачи можно предложить итеративный алгоритм улучшения распределения капиталовложений, в котором для выбора направления очередного сдвига в $(K \times T)$ - мерном пространстве решений используется эвристическая процедура с последующей проверкой эффективности сдвига. Применение для этой задачи методов случайного поиска невозможно вследствие большого времени расчета значения целевой функции.

Описанная модель позволяет оптимально распределить капиталовложения среди предприятий, занятых разработкой проектов и обеспечить скорейшую реализацию программы разработок. По сравнению с моделью распределения прогнозируемых ресурсов предложенная схема дает дополнительные возможности для улучшения временных характеристик программы развития техники.

При разработке перспективной программы развития техники прогнозы и оценки характеризуются значительной неопределенностью: это относится к срокам, оценкам затрат и ресурсов на различные работы, существует также неопределенность в номенклатуре включаемых в программу проектов. Вышеописанная модель распределения ресурсов имеет детерминированный характер и строится на средних значениях прогнозируемых величин. Однако исследования влияния неопределенности на перспективную программу развития техники совершенно необходимо, и от него зависят все перспективные плановые решения. Для решения этой задачи может быть предложена статистическая мо-

цель распределения ресурсов по работам перспективной программы.

Основное отличие статистической модели распределения ресурсов от детерминированной состоит в том, что вместо однозначных оценок в ней используются распределения вероятностей этих оценок. При таком подходе результат процесса распределения ресурсов будет случайным: в ходе многошагового процесса распределения ресурсов реализуются конкретные значения случайных величин, принятый алгоритм распределения ресурсов использует эту информацию и формирует программу работ. Результаты процесса – сроки начала и окончания работ, интенсивности работ, степень использования ресурсов – будут случайными. Вместо однозначной информации по программе детерминированной схемы статистическая модель распределения ресурсов дает статистические характеристики всех событий программы, например, средние значения и средние квадратические отклонения сроков окончания разработки проектов, вероятность выполнения директивных сроков и другие. Эти характеристики являются вероятностным прогнозом хода работ по программе и могут служить основой для уточнения решений, связанных с перспективной программой развития техники.

Входной информацией для статистической модели распределения ресурсов является перечень проектов, предлагаемых к разработке в прогнозируемый период, каждый из которых представлен укрупненной сетью работ. Заданы межпроектные связи, объединяющие сети проектов в общую сеть программы. Заданы также директивные сроки окончания разработки каждого проекта, и установлен порядок приоритетов проектов. Таким образом, в предлагаемой модели не рассматривается неопределенность в структуре работ; считается, что некоторое заданное множество проектов должно быть разработано, и эти проекты имеют типовую структуру работ. Эти предположения обусловлены тем, что структура разработки в настоящее время регламентирована, и в то же время имеются реальные трудности при прогнозировании затрат на новые разработки, связанные с новизной разработок, недостаточностью статистического материала и недостаточной проработкой проекта на стадии анализа программы развития техники.

В качестве основного источника неопределенности принимается неопределенность в оценках затрат на работы программы. Объем работы задается нормальным распределением на основе оценок среднего значения и среднего квадратического отклонения. Можно также задать некоторым распределением для ресурсов $R_j(t)$, зависящим от

времени, например, регрессией $\bar{R}_j(t)$ и возрастающей функцией $\sigma_j(t)$, характеризующей рост неопределенности в располагаемых ресурсах по времени. По-видимому, больший интерес представляет использование некоторого спектра жестких прогнозов по ресурсам, позволяющих исследовать зависимость программных характеристик от различного их уровня. Это связано с тем, что ресурсы относятся к управляемым переменным, и основные решения по программе развития техники предполагают рассмотрение и выбор соотношения ресурсов - результаты.

Модель статистического программирования использует метод статистического моделирования, состоящий в многократном проигрывании процесса распределения ресурсов и вычислении нужных статистических характеристик. Наибольший интерес представляют средние значения и дисперсии сроков начала и окончания разработок, ежегодного финансирования проектов, вероятность выдерживания директивных сроков. Эта информация дает более глубокие представления о программе, чем результат детерминированной модели в виде жесткой программы. Она позволяет корректировать директивные сроки с учетом вероятности их выполнения и решать различные вопросы, связанные с надежностью и реализуемостью принятых плановых решений.

Предложенные модели представляют собой полезный инструмент для решения основных вопросов построения перспективной программы развития крупных направлений техники. Детерминированные модели могут использоваться для предварительного анализа программ по срокам, номенклатуре проектов при различных вариантах финансирования, номенклатуре и упорядочения проектов. Статистическая модель распределения ресурсов должна применяться для оценки влияния неопределенности на программы, полученные с помощью детерминированных схем. Предложенные модели позволяют переложить все трудоемкие вычислительные операции на ЭВМ, оставляя человеку функции подготовки информации и анализа результатов.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Капуга	ТРУДЫ ВОСЬМИХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1973 г.
--------	---	---------

В.Д.Онопrienко, Б.И.Желтецкий

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Прогнозирование развития современной техники представляет собой особо сложную проблему, так как, с одной стороны, при создании средств техники используются последние достижения различных областей науки и техники, с другой стороны, быстро расширяется круг разнородных задач, решаемых с помощью технических средств. Это обостряет необходимость разработки рациональной методологии и эффективных методов прогнозирования развития техники.

Обращаясь в этой связи к творческому наследию основоположника космонавтики К.Э.Циолковского, мы убеждаемся в поражающей нас современности его подхода к прогнозированию развития космонавтики. Он глубоко осознавал органическую связь социальных и технических аспектов развития человечества и стремился учитывать ее в своих работах. В них мы находим все основные этапы прогнозирования, формирующиеся в настоящее время в рамках методологии долгосрочного прогнозирования развития техники.

В своих фантастических повестях и научно-технических работах Циолковский стремился предсказать развитие человечества в далеком будущем и определить роль космонавтики в этом развитии. При этом он пытался предвидеть развитие отдельных областей техники и науки, включая материаловедение, энергетику, геологию, астрономию, биологию, медицину и т.д., причем в некоторых областях он делал

количественные прогнозы определяющих характеристик исследуемой области, основанные на экстраполяции. Эти работы по своему содержанию и назначению соответствуют первому этапу современного прогнозирования, который называет разработкой сценария. Сценарий необходим для выбора целей и задач исследуемой области техники. В статье "Цели звездоплавания" Циолковский четко формулирует главные долгосрочные цели космонавтики:

- "распространение человека в эфире",
- "использование солнечной энергии",
- использование "повсюду рассеянных масс" / I, стр.341 /.

В этой части прогностической деятельности ученого нас интересует именно комплексность и широта подхода к проблемам развития космонавтики. Что же касается содержательной части прогнозов, особенно в области социальных процессов и общеполитических концепций, то они зачастую носят субъективный характер, в силу ограниченности возможностей по переработке одним человеком огромного количества информации, необходимой для столь сложных прогнозов.

Что же касается тех этапов прогнозирования, где Циолковский исследует возможное развитие конкретных космических средств /2-5/, то нам интересны не только методы его работы, но и конкретные результаты. Прогнозы Циолковского в области развития космической техники можно назвать научно обоснованными, и ход развития космонавтики подтверждает их правильность.

Исследование облика будущих космических средств (ракета, космический корабль) Циолковский начинает с подробного описания среды и условий функционирования аппарата: характеристики атмосферы, невесомости, безвоздушного пространства, температурных режимов и т.п. Эта часть работ содержит конкретные расчеты и количественные оценки параметров среды и является необходимой для выработки технических требований к космическим средствам. Этот этап и в настоящее время является необходимым в процессе проектных исследований перспективных космических комплексов.

В работах Циолковского мы находим и все последующие этапы проектных исследований перспективных космических систем, ставшие обычными в настоящее время:

- описание принципов построения и функционирования космических средств;

- количественные и качественные прогнозы технических и технологических характеристик космических средств на основе инженерных расчетов (в области конструкционных материалов, топлив, служебных систем и т.п.);

- элементы проектирования (динамика полета, весовые расчеты, компоновка и т.п.).

Важно также то, что свои работы по перспективным космическим средствам Циолковский представлял не как абстрактный прогноз, возможность осуществления которого проблематична, а как конкретные предложения, реализацию которых можно было начинать уже в то время. Так, в труде "Исследование мировых пространств реактивными приборами (1926 г.)" содержится перечень работ, (начиная с ближайшего времени), в котором разработан конкретный план постепенного перехода "от аэроплана к реактивному прибору - для завоевания солнечной системы" / 2, стр.271 /. Наилучшим подтверждением правильности прогнозов К.Э.Циолковского может служить то, что первые 8 этапов (из 16) этого плана в настоящее время реализованы и анализ тенденций развития космической техники позволяет надеяться, что в будущем будут реализованы и последующие этапы. Таким образом, творческий метод Циолковского-прогнозиста является современным, и в основе прогностической деятельности НИИ и ОКБ, участвующих в исследовании перспектив развития космической техники, несомненно заложен подход, использовавшийся Циолковским.

Расширение возможностей техники по решению разнородных задач требует тщательного перебора всех возможных вариантов перспективных средств, прогнозирования и сравнения их основных технических характеристик с целью выбора наиболее эффективных средств для последующей разработки. Это достигается путем проведения проектных исследований на уровне предаванпроекта или технических предложений. Однако ограниченность проектной базы не позволяет проводить подобные исследования по достаточно большому количеству перспективных средств. Поэтому в некоторых случаях, когда в сжатые сроки необходимо предварительно определить технические характеристики средств, оказываются полезными методы прогнозирования, позволяющие обойтись без проектных проработок.

Методы прогнозирования отдельных характеристик технических средств хорошо разработаны в теории прогнозирования (методы экстраполяции, огибающих кривых), однако они не позволяют учитывать взаимосвязь нескольких определяющих параметров в процессе развития исследуемого вида техники.

В данной статье предлагается метод прогнозирования, основанный на использовании множественной корреляции и позволяющий использовать опыт создания космических средств за всю историю космической техники. Метод основан на подходе, аналогичном методу "черного ящика", известному в кибернетике. Вместо исследования функциональных зависимостей между техническими параметрами, проводимого обычно в процессе проектных исследований, проводится корреляционный статистический анализ зависимостей между параметрами космических средств, создаваемых в прошлом и в настоящее время. На основании такого анализа определяются наиболее вероятные зависимости между параметрами в перспективных космических средствах.

В основе предлагаемого метода лежит метод математической гипотезы, являющийся по своей структуре особой разновидностью гипотетико-математического метода.

Метод математической гипотезы известен в отечественной и зарубежной литературе сравнительно давно. Его сущность можно описать следующим образом: положим, что из опыта известно, что изученное явление зависит от ряда переменных и постоянных величин (взятых из привычных "классических представлений"), связанных между собой приближенно некоторым уравнением. Довольно произвольно видоизменяя и обобщая это уравнение, можно получить другие соотношения между переменными. В этом и состоит математическая гипотеза или экстраполяция.

Этот метод применяется там, где исследователь встречается с совершенно новым для него типом явлений, закономерности развития которых не установлены, и видит, что эти зависимости вообще не могут быть адекватно выражены с помощью образов и понятий, ставших привычными, а между тем новых понятий в его распоряжении еще нет.

В качестве отправного пункта выбирается группа характеристик систем-аналогов, примыкающих вплотную к исследуемой области, закономерности взаимосвязей которых известны и выражены математическими уравнениями. Далее произвольно, но руководствуясь некоторыми общими правилами, изменяют структуру одного или целого класса уравнений. Путем дополнения или исключения некоторых членов уравнений устанавливают определенную зависимость между целевой функцией (или исследуемым параметром) и фактор-аргументами систем-аналогов. Установленная таким образом зависимость обусловлена статистической выборкой. Из преобразованных уравнений выводят ряд окончательных формул и сопоставляют их с данными эксперимента.

Математические гипотезы многообразны по своему конкретному воплощению и форме. Но во всем этом многообразии можно выделить несколько основных типов математических гипотез.

Основные виды математических гипотез по характеру и по способу модификации уравнения формы связи можно разделить на следующие:

- изменяются общий вид и форма связи уравнения;
- изменяются и форма связи, и основные параметры уравнения;
- общий вид уравнений остается неизменным, но в них подставляются фактор-аргументы иной природы;
- изменяются граничные условия, а форма связи рассматриваемых гипотез переносится на новые области исследования.

Разделение математических гипотез на различные типы не носит абсолютного характера. Оно относительно и в некоторой степени условно. Объективное содержание математической гипотезы, выражающей действительную связь между параметрами или приближающейся к ней, разумеется, никоим образом не зависит от намерений исследователя.

Метод получения прогнозных уравнений следующий: из базисного набора аналитических функций выбирается функция, наиболее полно (в смысловом и статистическом отношении) отражающая искомую связь.

Базисный набор функций служит арсеналом предполагаемых гипотез форм связи, в который включены следующие аналитические зависимости:

$$C_1 = L_0 P_1^{L_1} \cdot P_2^{L_2} \cdots P_i^{L_i} \cdots P_K^{L_K}, \quad (1)$$

$$C_2 = L_0 \exp\{L_1 P_1 + L_2 P_2 + \dots + L_i P_i + \dots + L_K P_K\}, \quad (2)$$

$$C_3 = \alpha_0 + \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \dots + \alpha_i P_i + \dots + \alpha_K P_K, \quad (3)$$

$$C_4 = \alpha_0 + \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2^2 + \dots + \alpha_i P_i^i + \dots + \alpha_K P_K^K, \quad (4)$$

$$C_5 = \alpha_0 + \alpha_1 P_1 + \dots + \alpha_n P_n + \dots + \alpha_{q_1} P_1^2 + \dots + \alpha_{q_n} P_n^2 + \dots + \alpha_{\xi_n} P_n^K + \dots + \alpha_{\xi_n} P_n^K, \quad (5)$$

где $\{C_i\}$ - целевая функция или исследуемый параметр;
 $\{P_i\}$ - технико-экономические характеристики системы и ее элементов;
 $\{\alpha_{oi}, \alpha_i\}$ - коэффициенты регрессии, ^о неизвестные величины, которые необходимо определить.

Для этого предельвается первый этап исследований: из базисного набора функций (I-5) извлекается функция и предварительно приводится к линейному или линейно-логарифмическому виду. Затем используя метод наименьших квадратов / 6 /:

$$\sum_{i=1}^N (C_{i\phi} - C_{ip})^2 = 0, \quad (6)$$

где N - количество рассматриваемых средств космической техники;

$C_{i\phi}$ - фактическое значение исследуемого параметра;

C_{ip} - расчетное значение исследуемого параметра,

получаем систему нормальных уравнений, которую представим в матричной форме:

$$(P^* P) \alpha = P^* \bar{C}, \quad (7)$$

где: P - матрица значений отобранных фактор-аргументов всех рассматриваемых средств космической техники;

α - матрица-столбец искомых коэффициентов;

$\bar{C}$ - матрица-столбец логарифмов фактических значений исследуемого параметра;

P^* - матрица, транспонированная к матрице P .

Умножая уравнение (7) на матрицу, обратную матрице нормальных

уравнений, получаем выражение:

$$(P^*P)^{-1} (P^*Q) = (P^*P)^{-1} (P^*\bar{C}), \quad (8)$$

но так как $(P^*P)^{-1} (P^*P) = E$,

где E - единичная матрица;

Q - элемент обратной матрицы,

решение системы (7) запишется в виде:

$$\alpha = (P^*P)^{-1} (P^*\bar{C}). \quad (9)$$

Для искомых параметров уравнения множественной корреляции получаем:

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^K Q_{ji} \sum_{l=1}^N \bar{C}_{jl} P_{ji}. \quad (10)$$

Подставляя значение α_i в уравнения (I-5), находим искомое уравнение множественной корреляции для каждой формы уравнения связи в отдельности, а для проверки адекватности математической модели эмпирическим данным используем критерий :

$$F = \frac{S_{act}^2}{S_c^2}, \quad (11)$$

где $S_{act}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (C_{i\phi} - C_{i\rho})^2}{N-1-K}$ - остаточная дисперсия, характеризующая отклонение расчетных значений исследуемого параметра относительно фактических;

$$S_c^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (C_{i\phi} - \frac{\sum C_i}{N})^2}{N-1} \quad - \text{дисперсия, характеризующая отклонение результатов.}$$

Если расчетное значение F - критерия больше табличного при заданном значении доверительной вероятности, то модель можно считать адекватной. В противном случае принятую гипотезу приходится отвергать. После перебора всех видов форм уравнений связи и выбора из них наилучшей по критерию - F , переходим ко второму этапу исследований.

Из имеющейся статистической выборки фактор-аргументов путем последовательного перебора различного сочетания характерных параметров в уравнениях:

$$C_{im} = f(P_m), \quad m=1, 2, \dots, K, \quad (12)$$

$$C_{2m} = f(p_m, p_i), \quad \text{при } m = 1, 2, \dots, K=1 \\ i = M+1, \dots, K$$

.....

$$C_{km} = f(p_1, p_2, \dots, p_k).$$

выбирается такая математическая модель, чтобы комбинация выбранной формы аналитической связи и числа характерных параметров обеспечивали модель минимально-параметрической размерности при адекватности статистической выборки в заданном интервале надежности.

При этом комбинированное влияние нескольких характеристик на изменение исследуемого параметра определяется коэффициентом множественной корреляции:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{l=1}^N (C_{l\phi} - C_{lp})^2}{\sum_{l=1}^N \left(C_{l\phi} - \frac{\sum_{l=1}^N C_{li}}{N} \right)^2}} \quad (I3)$$

Существенность показателя тесноты множественной связи определяется с помощью t - критерия:

$$t = \frac{R}{\sigma}, \quad (I4)$$

где $\sigma = \frac{1-R^2}{\sqrt{N-K-1}}$ - среднеквадратичная ошибка коэффициента множественной корреляции.

Путем нескольких итераций получаем математическую модель, удовлетворяющую критериям Шовене, Фишера и Стьюдента, которые определяют приемлемую оценку приближения исследуемой зависимости к расчетной.

На базе данной модели разработана машинная программа для ЭВМ БЭСМ-6, позволяющая выбирать из исходного перечня функций (I-5) наилучшую зависимость между любыми наборами характеристик и отбрасывать характеристики, слабо влияющие на исследуемый параметр.

Для иллюстрации метода использованы технические и технико-экономические характеристики американских аппаратов для исследования Луны и планет.

С использованием зависимостей, полученных на основании анализа данных о современных аппаратах, созданных в 1962-1971 г.г., были рассчитаны прогнозные характеристики аппаратов, созданных или намечаемых к созданию в 1972-1977 гг. Прогнозные характеристики хорошо согласуются с известными фактическими и проектными характеристиками. Затем с целью подбора наилучшей зависимости между параметрами для аппаратов данного класса были использованы все основные характеристики аппаратов за период 1962-1977 гг.

При исследовании различных зависимостей и наборов характеристик коэффициент корреляции изменялся в пределах 0,5-0,99, а средняя ошибка в определении исследуемого параметра - в пределах 3%-35%.

В качестве примера приводятся функции для расчета суммарных затрат на программу создания КА, дающие максимальные коэффициенты корреляции, минимальные средние ошибки и удовлетворяющие критериям Шовене, Фишера и Стьюдента.

Приводимые уравнения соответствуют эмпирическим данным с доверительной вероятностью 0,95, а высокий коэффициент корреляции указывает на большую степень зависимости исследуемого параметра от характеристик КА.

$$C_{nc} = 0,169 \frac{C_{co}^{0,412} \cdot G_{ka}^{0,12} \cdot G_{nn}^{1,28} \cdot N_{ao}^{0,458} \cdot T_{nn}^{0,285}}{G_k^{0,195} \cdot T_w} \quad \text{при } R=0,99; \delta=2,7\%; \quad (15)$$

$$C_{nc} = 6,386 \cdot 0,995^{C_{co}} \cdot 1,006^{G_{ka}} \cdot 0,997^{G_k} \cdot 1,002^{G_{nn}} \cdot 1,55^{N_{ao}} \cdot 0,953^{T_w} \cdot 1,031^{T_{nn}}, \quad \text{при } R=0,95; \delta=4,9\% \quad (16)$$

$$C_{nc} = 6,368 \exp[-0,0052 \cdot C_{co} + 0,00647 G_{ka} - 0,00327 G_k + \quad (17)$$

$$+ 0,0169 G_{nn} + 0,44 N_{ao} - 0,048 T_w + 0,0307 T_{nn}], \quad \text{при } R=0,95; \delta=4,9\%$$

где C_{nc} - суммарные затраты на программу создания КА (млн.дол.);

C_{co} - стоимость одного образца КА (млн.дол.);

G_{ka} - вес КА (кг);

G_k - вес конструкции КА (кг);

- G_{nn} - вес полезной нагрузки КА (кг);
 $N_{\text{ло}}$ - количество летных образцов, создаваемых в рамках программ;
 $T_{\text{ш}}$ - количество лет между запуском первого КА этого класса и данного КА;
 $T_{\text{пп}}$ - продолжительность программы (годы).

В процессе исследований были получены также зависимости исследуемого параметра от сочетания любого, в том числе малого количества исходных характеристик, например, для того же параметра:

$$C_{nc} = 4,287 \cdot C_{co}^{0,685} \cdot N_{\text{ло}}^{1,244}, \text{ при } R = 0,96; \delta = 4,2\%; \quad (18)$$

В некоторых случаях, когда необходима предварительная оценка какого-либо параметра при ограниченном количестве исходных данных, можно пользоваться такими простыми формулами при удовлетворительных значениях R и δ .

Ниже приведена исходная матрица и расчетные значения исследуемого параметра (C_{ncp}) для уравнения (15).

№ пп	Наименование КА	C_{ncp} млн.дол.	C_{ncp} млн.дол.	C_{co} млн.дол.	G_{ka} кг	G_k кг	G_{nn} кг	$N_{\text{ло}}$ шт	$T_{\text{ш}}$ годы	$T_{\text{пп}}$ годы
I	Лунар орбитер	200	184	15	260	119	68	5	6	4
2	Сервейор	580	520	30	286	102	52	7	6	8
3	Рейнджер I	300	250	15	250	39	25	5	3	3
4	Рейнджер II	260	275	15	300	41	170	4	4	5
5	Маринер 62	33	41	5	203	35	19	2	2	2
6	Маринер 65	120	98	28	261	13	32	2	5	2
7	Маринер 67	40	41	26	245	13	30	1	7	5
8	Маринер 69	148	163	60	413	30	70	2	9	3
9	Маринер 71	154	187	65	550	40	80	2	11	3
10	Пионер II	50	56	5	67	15	16	5	5	5
11	Пионер III	35	33	7	230	30	23	2	11	5
12	Викинг (орб. блок)	480	535	300	900	100	57	2	15	8

I3	Викинг (посад. блок)	400	453	300	900	200	45	2	I5	8
I4	Маринер 77	360	303	I20	680	70	45	2	I7	I2
I5	Маринер 73	I00	76	65	500	40	80	I	I3	5
I6	Венерианский Pioneer	200	234	40	385	25	60	3	I6	I0

Зависимости, полученные для определенного класса КА, могут использоваться для прогнозирования характеристик КА только этого класса, т.к. для тех же исследуемых параметров КА других классов были получены другие зависимости. Однако при правильном подборе исходных характеристик можно получить зависимости для более широких групп КА (например, для ИСЗ всех типов). Исследования показывают, что предлагаемая модель позволяет получать прогнозные оценки технических и технико-экономических параметров перспективных средств удовлетворяющие потребности перспективного планирования на период до 10-15 лет.

Л и т е р а т у р а

1. К.Э.Циолковский. Цели звездоплавания. - В кн.: К.Э.Циолковский. Реактивные летательные аппараты. М., 1964, стр.341-368.
2. К.Э.Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1903 г., 1911-1912 гг., 1926 г.). Там же, стр.77-107, 111-152, 188-273.
3. К.Э.Циолковский. Космическая ракета. Опытная подготовка. Там же, стр.274-288.
4. К.Э.Циолковский. Труды о космической ракете (1903-1929гг.). Там же, стр.289-295.
5. К.Э.Циолковский. Космические ракетные поезда. Там же, стр.313-340.
6. Ю.В.Линник. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. М., 1962.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ ВОСЬМЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1973 г.
--------	---	---------

В.И.Флоров

К ВОПРОСУ О ПРИНЦИПАХ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММ
РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ

О методологических концепциях Константина Эдуардовича Циолковского сказано и написано очень много. И тем не менее Циолковский до сих пор настолько поражает глубиной, точностью и разносторонностью своего видения будущего, что каждая новая полоса нашего развития заставляет нас вновь проникнуть в его творческую лабораторию, в его методологию определения перспектив как отдельных направлений развития науки и техники, так и человечества в целом.

Что же давало Циолковскому такую силу прогностического зрения? Какая прогностическая методология является фундаментом глубоких и многосторонних прогнозов ученого?

Вся деятельность Циолковского подчинена одной цели: прекратить страдания человечества, дать ему могущество, богатство, знания и здоровье. Эта цель является эмоционально-эстетическим стержнем деятельности ученого. Она приводит его к разработке системы взглядов на Вселенную, жизнь и человечество в целом.

Циолковский работает как над вопросами научно-технического прогресса, так и над вопросами социального прогресса. Приведенный нами краткий список его трудов демонстрирует широкое разнообразие направлений творческой деятельности ученого. Ученый разрабатывал философско-этические представления о жизни во Вселенной. Он утверждал, что земное человечество, пройдя муки самозарождения, выйдет за пределы своей матери-планеты, станет космической силой, обретет право распространения в космическом пространстве и вечно-го бытия во времени / 1; 2; 3 /. Значительное количество работ ученым посвятил техническим проблемам, среди которых осо-

бое место занимает теория реактивного движения и космических ракет / 4 /. Но технические проблемы он не отрывал от своих философских представлений, а подчинял первые вторым. Техника будущего и дальнейшая судьба человечества выступают для него как две грани одного вопроса / 5; 6 /. Циолковский рассмотрел вопросы о преобразовании природы растений и животных / 7 /, о необходимости изменения социальной природы человечества / 8; 9 /, об изменении психологии человечества будущего / 10; 11 /. Такая широта творческих направлений Циолковского не лишает его исследования системности, единства, общей научной методологии. Напротив, она лишь выражает общее направление его творческих интересов. Человек, его творческий преобразующий гений - вот фокус, в котором концентрируется вся деятельность ученого. Его научная методология есть системный подход к проблемам человечества, к проблемам его развития.

При жизни Циолковского еще не существовало науки о прогнозировании, и сам ученый не формулировал свою методологию определения перспективы. Сегодня мы уже имеем ряд наук, которые дают нам формальный аппарат для разработки прогнозов и программ. Однако, обращаясь к Циолковскому, мы можем многим обогатить нашу практику прогнозирования и разработки программ. Сегодня наш формальный аппарат представляет собой не единую теорию, а набор моделей и приемов. Это определенным образом отражается на характере наших прогнозов и программ: часто их разработка проводится формально для выхваченного из взаимосвязи и "оголенного" направления. Это как раз было чуждо прогностической методологии Циолковского. Мы должны преодолеть определенную несистемность нашего подхода к прогнозированию и разработке программ. Поэтому всё более необходимо создание теории прогнозирования и разработки программ, которая бы органически строила все необходимые связи конкретно рассматриваемого направления с его внешней средой как на макро-, так и на микроуровне.

В настоящем докладе мы попытаемся сформулировать принципы формирования программ развития отдельных научно-технических направлений, которые могли бы явиться предпосылкой для разработки такой теории.

Программа (здесь мы не делаем различия между понятиями "программа" и "план") есть модель системы мероприятий, направленных на достижение определенных целей во внешней среде. Внешней средой программы является модель метасистемы мероприятий, описывающая развитие всего народного хозяйства. Внешняя среда является источником ресурсов развития данной программы и ставит перед последней определенные цели, достижение которых удовлетворяет потребности внешней среды. Так, например, создание какой-либо машины может рассматриваться как цель определенной программы, с другой стороны, создание этой машины может быть необходимо для удовлетворения потребности в развитии более широкой области деятельности, допустим, в развитии машинной базы сельского хозяйства. В этом смысле цель данной программы выступает как функция в метасистеме мероприятий внешней среды.

Каждое мероприятие в реальной жизни представляет собой более или менее развитую систему менее сложных мероприятий, организованных между собой в некоторый "технологический" процесс. Так, например, в качестве мероприятия может рассматриваться опытно-конструкторская работа по созданию какой-либо машины или производственный цикл по созданию ее опытного образца, или процесс ее испытания и доводки. Ясно, что в таком виде каждое мероприятие выступает как нечто сложное, что можно подразделить на более элементарные части. Но в программе мероприятие выступает как неделимый элемент, как "черный ящик", структура которого не является существенным моментом для анализа и синтеза программы.

Планирование есть закон нашей жизни. В нашей стране вся научная и хозяйственная практика подчинена плановым документам, ориентирующим усилия на определенные социально-экономические цели. В советской науке о планировании уже с 1925-26 года применяются балансные методы формирования планов, которые хорошо зарекомендовали себя в течение ряда десятилетий. Однако эти методы в чистом виде могут применяться только для планирования относительно статичного производства / 12 / с мало изменяющейся номенклатурой и качеством изделий и не применимы для новых подвижных отраслей. Традиционные балансные методы сами по себе не имеют аппарата оптимизации пропорций между освоенным и новым производством и требуют уже известных сложившихся пропорций. Ранее такие пропорции складывались постепенно в процессе многочисленных увязок и административных решений. Но это было возможно, пока связи в народном хозяйстве были

не очень сложными, а изменения не слишком быстрыми. Современная научно-техническая революция в процессе своего развития вызывает переход от относительной стабильности отраслей народного хозяйства к постоянному их изменению, она революционизирует весь процесс производства, нарушая сложившиеся ранее балансные соотношения и требую установления новых соотношений. В связи с этим возникает необходимость развития методологии планирования и создания методик планирования отраслей народного хозяйства в условиях научно-технической революции. Каковы же основные предпосылки для выполнения этой работы?

В последние десять лет бурно развивается научная дисциплина-прогностика / I3; I4 /. Она разрабатывает, собирает, классифицирует и обобщает различные методы прогнозирования научно-технического и социально-экономического прогресса. Непосредственно к прогностике примыкают такие научные направления как науковедение, наукометрия, информатика, патентоведение / I5 /. В сороковых-пятидесятых годах сложилось научное направление - эконометрика / I6 /, которое позже развилось в раздел кибернетики / I7 /. Это направление разрабатывает методы макро моделирования экономических систем. В последние сорок лет появился и бурно развивается ряд прикладных математических методов в области теории вероятностей, теории игр, теории полезности, математического программирования и т.д. Важным также является научное направление, известное под названием "исследование операций". В последние тридцать-сорок лет сложился новый подход к исследованию природы и проектированию машинных комплексов. Теория систем Л.Бергаланфи /I8/ и кибернетика Н.Винера /I9/ являются истоками этого подхода. Все эти научные направления и методы подготавливают почву для разработки достаточно общей методики планирования и формирования научно-технического прогресса. Сформулируем основные принципы такой методики.

Как только люди осознали различие между прошлым, настоящим и будущим, они стали как-то намечать свою будущую деятельность. По мере познания природы и общества эти наметки учитывали все большее количество факторов, становились все более реальными, и у людей появилась возможность ставить перед собой задачу и планировать пути ее решения. Создание исторического материализма и победа Великой Октябрьской социалистической революции открыли возможность вести планирование в рамках целого государства.

Теперь, когда планирование на всех уровнях стало лемым атрибутом сознательного отношения к будущему, естественно возникает вопрос об объективном аппарате, об объективных закономерностях нашего мышления, которые проявляют себя уже в процессе интуитивно-эвристического формирования планов различного уровня. Теория планирования не может быть плодом чистой фантазии. Задача заключается в том, чтобы осмыслить объективные закономерности мышления при планировании, вывести из сферы интуитивно-эвристического мышления процесс анализа и синтеза нашей будущей деятельности, сформулировать и, по возможности, формализовать его основные моменты. Мы проведем наш анализ в свете системного подхода, поэтому изложим его основные черты.

Объектом системного подхода является система, то-есть такой объект (естественный или искусственный, конкретный или абстрактный), который изучают, с одной стороны, как целое, а с другой стороны, как совокупность взаимодействующих частей. Взаимодействие частей, составляющих систему, направлено на сохранение системы во внешней среде и определяется структурой системы. Структура системы есть совокупность связей между частями системы.

Можно выделить три грани структуры системы:

- статическую (грань структуры) структуру системы;
- кинетическую (грань структуры) структуру системы;
- динамическую (грань структуры) структуру системы.

Статическая структура системы вскрывает декомпозиционные соотношения между элементами или подсистемами (частями системы).

Кинетическая структура вскрывает последовательность и характер взаимовлияния элементов и подсистем системы между собой на определенном временном срезе.

Динамическая структура системы есть кинетическая ее структура, развернутая во времени.

Стремление всякой системы к самосохранению во внешней среде может быть формализовано в постановке задачи на отыскание максимума или минимума некоторого функционала, который отражает взаимоотношение системы и внешней среды. С позиций этих основных положений системного подхода сформулируем принципы формирования программ.

Мероприятие является элементом программы. Для формирования программы необходимо знать лишь внешнюю характеристику мероприятия, лишь соотношение между его входом и выходом. Входом мероприятия является вся совокупность ресурсов, которых оно требует, его вы-

ходом является определенный продукт (комплект документации на машину, либо ее опытный образец, либо испытанный и принятый в серию образец и т.д.). Формализованное соотношение между входом и выходом мероприятия есть модель мероприятия.

В программе каждое мероприятие занимает свое место: либо его выход является целевым для программы в целом, либо он является входом одного или ряда последующих мероприятий, приводящих к цели программы. Программа может иметь не одну цель, и они могут реализоваться не одновременно. В этом случае выход каждого мероприятия одновременно может быть как целевым, так и условием развития самой программы, условием достижения более поздних целей. Ресурсы на входе мероприятия могут быть продуктами на выходе предыдущих мероприятий.

Мероприятия программы разворачиваются во времени. В целях наглядности приведем условную, но сохраняющую суть дела схему: представим программу как "поток" мероприятий во времени, каждый временной слой которого можно рассматривать как агрегированное мероприятие со своим входом и со своим выходом.

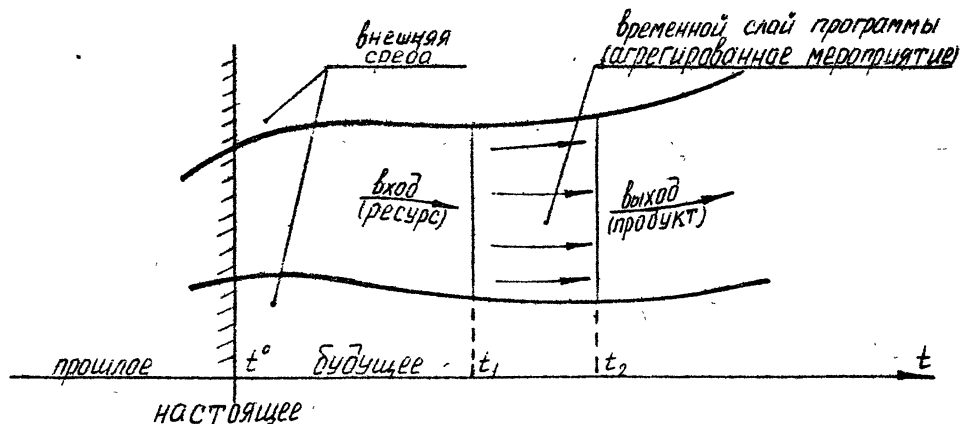


Рис. I

На временных срезах программы между слоями - мероприятиями в общем виде можно представить картину движения продукта и ресурса. таким образом, что весь продукт программы делится на целевую и собственную компоненты. Целевая компонента непосредственно посту-

нает во внешнюю среду как ресурс для развития метасистемы мероприятий. Собственная компонента продукта является частью ресурса рассматриваемой программы, сливается с притоком ресурса из внешней среды и образует вход (ресурс) $\bar{x}$ программы для ее дальнейшего развития. Ресурс на входе в каждый временной слой программы делится на большое число направлений внутри программы. Поэтому его можно представить как вектор $\bar{x}$. В соответствии с вектором ресурса может быть определен вектор продукта $\bar{y}$ на многообразии его номенклатуры и вектор его целевой компоненты $\bar{z}$ на многообразии целей.

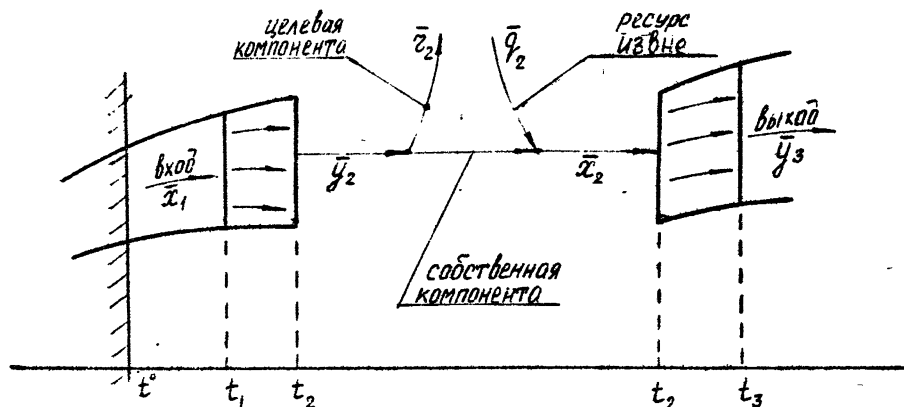


Рис.2

Так, например, с некоторой условностью можно представить зависимость между ресурсом, продуктом и его целевой компонентой для слоя на промежутке времени t_1 , t_2 в виде:

$$\bar{y}_2 = \bar{y}_2(\bar{x}_1) \quad \text{и} \quad \bar{z}_2 = \bar{z}_2(\bar{x}_1)$$

В свою очередь, приток ресурса $\bar{q}$ из внешней среды может быть представлен как вектор $\bar{q}$ на многообразии направлений внешней среды. Таким образом, вход во временной слой программы на промежутке времени t_2 , t_3 есть:

$$\bar{x}_2 = \bar{q}_2 + \bar{y}_2(\bar{x}_1) - \bar{z}_2(\bar{x}_1)$$

и конкретно определяется вектором $\bar{x}$, и вектором $\bar{q}_2$. Если момент t , является моментом начала данной программы и положение вещей, определяемое вектором $\bar{x}$, является заданным условием, то управляющим параметром программы будет лишь вектор $\bar{q}_2$. Продолжая цепь рассуждений далее по отношению к следующим временным слоям программы мы получим вектор целевой компоненты $\bar{z}$ и вектор ресурса $\bar{q}$ для каждого временного среза, т.е. получим вектор-функции $\bar{z}(t)$ и $\bar{q}(t)$. При этом вектор-функция ресурса $\bar{q}(t)$ является свободной и должна быть выбрана, а вектор-функция целевой компоненты $\bar{z}(t)$ будет зависеть от выбора $\bar{q}(t)$.

Для каждого временного среза можно определить некоторую меру полезности компонент вектора $\bar{z}$ для внешней среды программы так, что каждый момент времени программы будет характеризоваться определенной величиной полезности π . На всем интервале времени, характеризующем программу, полезность будет функцией времени $\pi(t)$, соответствующей вектор-функции $\bar{z}(t)$, и поэтому, как и $\bar{z}(t)$ будет зависеть от выбора вектор-функции ресурса $\bar{q}(t)$, т.е.

$$\pi(t) = \pi[t, \bar{q}(t)].$$

Полезность всей программы на всем интервале времени t_s , внутри которого для нас полезна эта программа, будет

$$\Pi = \int_{t_0}^{t_s} \pi(t) dt.$$

Общее количество ресурсов, выделенное внешней средой на развитие программы на интервале времени t_s ,

$$Q = \int_{t_0}^{t_s} q(t) dt,$$

где $q(t)$ - абсолютная величина ресурса в функции времени.

Теперь можно отметить, что задача формирования программы делится на две части. Первая - есть задача прогнозирования. Действительно, прогноз - это научно установленная связь между некоторым условием и его будущим результатом. Здесь мы устанавливаем соотношение между $\pi(t)$ и $\bar{q}(t)$, т.е. определяем подинтегральное выражение $\pi[t, \bar{q}(t)]$. Вторая - есть задача распределения ресурсов. Здесь необходимо определить такую величину ресурса

$\bar{q}(t)$, которая обеспечила бы наиболее устойчивое состояние данной программы во внешней среде. Вторую задачу можно сформулировать как изопериметрическую в форме:

$$\Pi^* = \Pi + \lambda Q,$$

где λ - неопределенный множитель Лагранжа. Решение этой задачи дает вектор-функцию $\bar{q}(t)$ из условия

$$\max_{\bar{q}(t)} \Pi^* \text{ и } \lambda = \lambda(Q).$$

Однако, действительным значением $\bar{q}(t)$, полученным из решения этой задачи, является лишь $q(t_0)$, где t_0 - момент времени, соответствующий началу интервала времени, на котором вычисляются полезность программы Π и затраты на нее Q . Этот момент времени есть момент воображаемого настоящего, в отличие от всех остальных моментов $t > t_0$, выражающих воображаемое будущее. Но настоящее в воображении может быть совмещено с любым моментом физического времени в будущем на всем директивно заданном интервале времени от t_n до t_k .

где t_n - заданное начало программы,
 t_k - заданный конец программы.

Таким образом, момент воображаемого настоящего t_0 есть величина переменная ($t_n < t_0 < t_k$), и величины t_0 и Q необходимо рассматривать как ее функции $t_0 = t_0(t_0), Q = Q(t_0)$. Оптимальной управляющей функцией реализации программы является вектор-функция $\bar{q}(t)$.

Функции $t_0(t_0)$ и $Q(t_0)$ без анализа внешней среды, в которой разворачивается исследуемая программа, являются произвольными. Действительно, период времени от настоящего в будущее, на котором для нас полезна исследуемая программа, определяется уровнем развития человечества. Чем выше этот уровень в настоящий момент, тем более высокое значение для людей имеют отдаленные последствия их сегодняшних действий. Мы будем называть значение t_0 в данный момент глубиной ценности будущего или волевым пределом. Его определение требует построения формализованной модели внешней среды. Величина Q , в свою очередь, может быть установлена лишь из анализа соотношений между программами внешней среды, что в свою очередь также требует моделирования внешней среды программы.

Решение сформулированной здесь задачи в общем виде сегодня не представляется возможным. Поэтому сегодня программы формируются эвристически и логически с привлечением к отдельным моментам анализа и синтеза математического аппарата в более простой и менее строгой постановке. Однако эта менее строгая постановка сохраняет в себе основные принципы формирования программы в общей и

строгой постановке, которые имеет смысл выделить и сформулировать как инвариантные по отношению к избираемому методу анализа и синтеза программ.

Выведем эти принципы из общей постановки. Развитие методов формирования программ, приближение их аппарата к аппарату полной и строгой постановки наиболее просто проследить и вести в направлении развития реализации этих принципов. В общей постановке формирования программ мы выделили две задачи: задачу прогнозирования и задачу распределения ресурсов.

Задача прогнозирования имеет две более или менее самостоятельные части. Во-первых, для определения последствий каких-либо действий необходимо иметь более или менее полный набор возможных действий и связей между ними. Действительно, любая программа может быть выражена, описана на каком-либо языке, представлена кому-либо только в том случае, если в ней выделены части и связи, указывающие на соподчиненность этих частей. Эту часть задачи прогнозирования по определению множества мероприятий и связей между ними, представляющую собой обязательную, принципиально необходимую процедуру при любой постановке задачи формирования программ, мы выделим как принцип формализации программ.

Во-вторых, для определения последствий каких-либо действий необходимо уметь выражать и действия, и последствия в какой-либо общей мере, а следовательно, уметь сводить их к общему качеству, для которого может быть установлен единый масштаб измерения. Эту часть задачи прогнозирования, также представляющую собой обязательную, принципиально необходимую процедуру при формировании программ, мы выделим как принцип единой метрики программ.

Задача распределения ресурсов при формировании программ есть задача выбора из множества различных вариантов частей программ и связей между ними какого-либо одного или нескольких наилучших. Поэтому в обобщенном и менее строгом смысле процедуру распределения ресурсов можно назвать процедурой "улучшения" или оптимизации программ. При этом мы можем и не получить наилучшего или оптимального варианта программы, но можем иметь возможность показать, что такой-то вариант (варианты) лучше в определенном смысле, чем другой (другие) вариант. Процедуру "улучшения" или оптимизации программ, принципиально необходимую при формировании программ, мы выделим как принцип оптимизации программ.

Сформулированные выше пять принципов:

- принцип моделирования мероприятий;
- принцип моделирования внешней среды;
- принцип формализации программ;
- принцип единой метрики программ;
- принцип оптимизации программ.

могут служить точками опоры при анализе существующих методов формирования программ и возможностей их развития. Они в той или иной форме присущи любому методу формирования программ, поэтому развитие этих методов наиболее всесторонне можно вести в рамках перечисленных принципов.

Л и т е р а т у р а

1. К.Э. Циолковский. Причина космоса. Калуга, 1925.
 2. К.Э. Циолковский. Воля вселенной. Калуга, 1928 .
 3. К.Э. Циолковский. Монизм Вселенной. Калуга, 1925.
 4. К.Э. Циолковский. Труды по ракетной технике. М., 1947.
 5. К.Э. Циолковский. Цели звездоплавания. Калуга, 1929.
 6. К.Э. Циолковский. Будущее Земли и человечества. Калуга, 1928.
 7. К.Э. Циолковский. Растение будущего. Животное космоса. Само-
зарождение. Калуга, 1929.
 8. К.Э. Циолковский. Горе и гений. Калуга, 1916.
 9. К.Э. Циолковский. Общественная организация человечества. Калу-
га, 1928.
 10. К.Э. Циолковский. Нирвана. Калуга, 1914.
 11. К.Э. Циолковский. Ум и страсти. Калуга, 1928.
 12. В.С. Немчинов. Экономико-математические методы и модели. М., 1965.
 13. Р. Эйрес. Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное
планирование. М., 1971.
 14. Д.М. Гвишиани, В.А. Лисичкин. Прогностика. М., 1968.
 15. Науковедение. Прогнозирование. Информатика. Киев, 1970.
 16. О. Ланге. Введение в эконометрику. М., 1964.
 17. Н.Е. Кобринский. Основы экономической кибернетики. М., 1969.
 18. G. Bertalanffy. Allgemeine Systemtheorie. - "Deutsche Universi-
tät Zeitung", 1957, No. 5-6.
 19. Н. Винер. Кибернетика. М., 1958.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
ИМ.К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ ДЕВЯТЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1974 г:
--------	---	---------

В.И.Севастьянов

ПРИКЛАДНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ^{х)}

Выход человека в космос — ни с чем не сравнимый поворот в истории развития человеческого общества. Он практически безгранично расширяет сферу разума, сферу взаимодействия природы и общества. В течение тысячелетий человеческое общество распространялось лишь по поверхности Земли, и сфера приложения его усилий ограничивалась рамками планеты. Однако постепенно создавались необходимые предпосылки для "размещения" представителей вида *"Homo sapiens"* за пределами Земли. Несомненно, что в будущем человек все больше и больше станет охватывать своей деятельностью космическое пространство, включая все небесные тела Солнечной системы. Основой такого космического расширения сферы разума и труда послужит будущее развитие производства и хозяйственной деятельности человека в космосе. Сбудется предсказание великого К.Э.Циолковского — освоение космоса позволит людям "достигнуть совершенства и изгнать всякую возможность зла и страданий в пределах солнечной системы" /1, стр.25/.

Уже сегодня мы видим, что выход человека в космос меняет наши традиционные представления о взаимоотношениях природы и общества и означает качественное преобразование познавательных возможностей и средств науки, что космонавтика самым непосредственным образом влияет на дела земные.

Космос поставил перед человеческим обществом новые проблемы в том числе и проблемы, связанные с возникновением практической космонавтики. Многогранное развитие человечества в наш сложный и

х) Доклад зачитан на пленарном заседании.

динамичный XX век - век социальных и научно-технических революций - обусловило многообразие проблем использования космических средств для нужд общества.

Эти проблемы можно разделить на: научные и прикладные.

Научные проблемы :

- поиск фундаментальных открытий;
- исследование Солнечной системы и Вселенной;
- изучение солнечно-земных связей;
- накопление качественно новых и статистических данных о Земле и окружающем ее космическом пространстве.

Прикладные проблемы :

- получение информации о природе Земли;
- получение качественно новой и в глобальных масштабах информации о природных ресурсах нашей планеты;
- использование космических средств непосредственно в культурной и хозяйственной деятельности человеческого общества.

Разрешение научных и прикладных проблем использования космических средств дает человеческому обществу:

- новый уровень знаний;
 - новые ресурсы;
 - новое качество технологии, техники и промышленности;
 - новые экономические и хозяйственные возможности,
- т.е. обуславливает и обеспечивает качественно новый этап развития человеческой цивилизации.

Чтобы наглядно представить многогранность прикладного использования космических средств для нужд общества, можно кратко рассмотреть содержание задач лишь главных направлений.

Метеорология:

- обеспечение надежности долгосрочного прогноза;
- оперативная информация о возникновении и продвижении циклонов, ураганов, тайфунов, цунами, пылевых бурь;
- ледовая разведка, контроль становления снежного покрова, анализ запасов снега и состояния ледников в горах, контроль уровня и зеркала замкнутых водоемов;
- управление погодой и климатом.

Расчет и составление долгосрочных прогнозов погоды требует глобальных сведений о физическом состоянии атмосферы и ее взаимодействии с Мировым океаном. Эту планетарную метеоинформацию наземные станции получить не могут. В настоящее время уже существуют такие космические метеорологические системы, как, например, в нашей стране "Метеор", которые успешно решают первый этап проблемы. Предстоит их дальнейшее совершенствование. В долгосрочном метеорологическом прогнозе заинтересованы: транспорт (особенно морской и воздушный), сельское хозяйство, мелиорация, гидротехнические сооружения и т.д.

Геодезия и картография: применение космического фотографирования, космических телевизионных изображений, радиолокации, а в будущем и голографии позволит решить проблему глобального картирования поверхности нашей планеты и постоянного оперативного контроля ее лица, которое довольно быстро меняется и под воздействием сил природы, и под воздействием хозяйственной деятельности человека.

Решение этой проблемы необходимо для организации эффективного контроля природной среды и изучения природных ресурсов в масштабах всей Земли.

Биоресурсы:

- анализ биомассы, растительного покрова планеты, в том числе получение оперативной информации о заболевании леса, о лесных пожарах, о распространении биологических вредителей;
- анализ почв, влагоснабжение и засоленность почв;
- биологическое изучение внутренних замкнутых и открытых водоемов;
- глобальное изучение биоресурсов Мирового океана, температурных полей, планктона, косяков промысловых рыб и т.д.;
- анализ воздействия загрязнений природной среды и хозяйственной деятельности человечества на биоресурсы Земли, рациональное их использование.

Промышленная биосфера:

- контроль состояния посевов и развития различных сельскохозяйственных культур в разных климатических поясах;
- получение оперативной информации о заболевании посевов, о развитии и распространении биологических сельскохозяйственных вредителей;

- оценка эрозийных явлений на эксплуатируемых почвах, их развития и распространения, анализ необходимости в минеральных удобрениях;
- изучение влагоснабжения почв и эффективности мелиорации;
- оценка эффективности и выдача рекомендаций по режиму работы гидротехнических сооружений;
- поиск подземных пресных вод в засушливых и полупустынных районах планеты.

Минеральные ресурсы и геология:

- изучение глобальных и региональных геологических структур;
- мелкомасштабное геологическое картирование с ультрагенерализацией деталей земной поверхности и с уточнением особенностей глубинного геологического строения коренных структур;
- изучение рельефа шельфа и морского дна;
- изучение глобальных тектонических структур и сейсмоактивных зон;
- изучение современных физико-геологических процессов.

Космические снимки земной поверхности несут много новой геологической информации, а их анализ представляет собой новый самостоятельный метод исследования структуры земной коры, так как при этом начинают проявляться такие черты строения земной коры (например, мощные геологические разломы, смятия и т.д.), которые обусловлены наиболее общими глобальными причинами.

Космическим снимкам присущ эффект интегрирования отдельных деталей строения местности, разрозненных частей крупных структурных элементов рельефа, благодаря чему последние проявляются в целостном изображении.

Кроме того, оказалось, что на космических фотоснимках через чехол рыхлых отложений как бы просвечивает строение более глубоких горизонтов земной коры.

Так, сейчас, опираясь на новые материалы геологических исследований космических фотоснимков, советские геологи сделали вывод, что подвижная зона смятия и разломов Уральской складчатой системы продолжается далеко на юг. По-видимому, она пересекает пустыни Средней Азии, горные хребты, расположенные южнее, и выходит к Персидскому заливу.

Информация, полученная из космоса, в сочетании со сведениями, добытыми наземными геологическими методами, дадут новый мате-

риал для понимания размещения рудных районов, нефтегазоносных провинций и угленосных бассейнов земного шара и позволят выявить новые области, перспективные для поисков месторождений полезных ископаемых.

Космическое фотографирование на специальные спектрально-чувствительные (в отдельных участках спектра) пленки, специальная обработка пленок, применение спектрографирования, инфракрасной и радиолокационной аппаратуры, лазерное зондирование, применение голографии позволят успешно решить проблемы прикладного использования космических средств для контроля природной среды и изучения природных ресурсов нашей планеты. Космические средства благодаря высокой экономической эффективности их использования позволят производить учет и контроль природных ресурсов, их состояния в планетарных масштабах и осуществлять планирование их использования. Это поможет предотвратить истощение или даже гибель тех или иных природных ресурсов вследствие их нерациональной эксплуатации.

Имеются широкие перспективы прикладного использования космических средств и в других отраслях хозяйственной деятельности человеческого общества.

Энергетика:

- повышение КПД использования солнечной энергии путем выноса энергетических установок в космос (за пределы атмосферы) и беспроводная передача энергии на Землю с помощью лазерных систем;

- вынос в космос мощных атомных энергетических установок.

Транспорт:

- навигация морского, воздушного и речного транспорта;
- связь и управление всеми видами транспорта;
- изучение Мирового океана, картирование средних и слабых течений в открытых акваториях, изучение шельфа, прокладка новых навигационных трасс;
- изучение внутренних судоходных водоемов и рек;
- изучение геолого-географических, геофизических и климатических условий по маршрутам будущих железнодорожных магистралей и шоссе-трасс.

Связь. Уже сотни миллионов жителей нашей планеты пользуются благами космической связи и телевидения. Например, в нашей стра-

не успешно функционирует космическая телевизионная система "Орбита", эксплуатирующая космические автоматы "Молния-1" и "Молния-2".

Космические связанные и телевизионные системы - это эффективные средства коммуникации, информации и пропаганды. Действительно, грандиозны перспективы их использования для целей просвещения, общего и специального образования, для внедрения медицинского образования и распространения культуры, для общественного и морального воспитания масс. Естественно, при этом возникают многие морально-правовые вопросы. Эти вопросы в виде проектов международных договоров, конвенций и соглашений уже сейчас широко обсуждаются и дискутируются общественностью и правительственными органами различных стран планеты. Можно надеяться, они найдут свое решение.

Широкие перспективы прикладного использования космических средств как пилотируемых, так и беспилотных обуславливают бурное развитие космической техники. Уже созданы пилотируемые долговременные орбитальные станции, надежно функционируют специализированные космические автоматы прикладного назначения.

Можно ожидать, что дальнейшее развитие космической техники пойдет быстрыми темпами и при этом характерными ее чертами будут:

- типизация космических объектов и унификация их функциональных блоков;
- развитие и практическое использование многоразовых транспортных систем;
- создание длительно функционирующих многоцелевых космических комплексов с высокой экономической эффективностью, выполняющих различные исследовательские и технологические задачи - от развития производства в космосе до уникальных космических геолобаторий.

Все это приведет к созданию новых производительных сил и к становлению новых отраслей хозяйства.

Несомненно, большие экономические затраты на выполнение космических программ, грандиозность космических и наземных комплексов (в том числе стартовых и аэродромов посадки в любом месте планеты для многоразовых транспортных систем), заинтересованность многих стран в эксплуатации космических средств

и в получении космической и планетарной информации вызывают необходимость широкого международного сотрудничества, интеграции национальных космических программ в общепланетарные программы землян (включая международные экспедиции) и национального участия в создании отдельных унифицированных блоков (модулей) больших космических систем. В этом-будущее человечества в космосе и на Земле. И на этом пути, конечно, будут решены все сложные проблемы, которые космос ставит перед человечеством.

Пример тому - успешное осуществление международных программ "Интеркосмоса" и подготовка совместного экспериментального полета пилотируемых космических кораблей "Союз" - "Аполлон".

Есть еще одна глобальная проблема, которую человечество должно решить, и для этого оно должно объединить свои усилия. Человечество середины XX века осуществило выход в космос. Это естественный результат развития человеческого общества, результат мощного научно-технического прогресса на базе фундаментальных открытий в области науки, быстрого скачка в технологии и, конечно, бурного освоения энергетических мощностей. Все эти условия позволили создать уникальную космическую технику и осуществить выход человека в космос.

Но все эти условия одновременно привели к мощному и уже ощущаемому уменьшению природных ресурсов Земли, к заметному и прогрессирующему изменению ее природной среды (загрязнение Мирового океана, акваторий морей, рек, озер, атмосферы; эрозия почв, уменьшение биомассы растительного покрова на планете и в недрах Мирового океана). Проблема сохранения природной среды стала планетарной, т.е. требующей для своего разрешения объединения усилий всех стран планеты, и в то же время остро насущной.

Наше государство первым приняло закон об охране окружающей среды. Отмечая 50-летие своего образования, оно обратилось к народам мира с призывом объединить и активизировать усилия во имя сохранения и восстановления природной среды, окружающей человека, Великая мудрость и гуманность нашего общества проявились в этой заботе о будущем человеческой цивилизации!

В то же время быстрыми темпами уменьшаются геологические, минеральные, рудные, топливные (энергетические) и биологические ресурсы планеты. Так, практически все геологические месторождения

полезных ископаемых на поверхности нашей планеты уже известны, инвентаризованы, используются или уже разработаны. Нужно вести поиск новых геологических ресурсов в коренных структурах земной коры и наладить технологию производства биоресурсов суши и мирового океана.

В успешном разрешении обеих сторон (среды и ресурсов) этой планетарной проблемы большую и даже, вероятно, определяющую роль должны сыграть космические средства.

Итак, опыт жизни подсказал человечеству использование космических средств для его экономического блага сегодня и в будущем.

Учитывая острую насущность проблемы контроля природной среды и исследования природных ресурсов нашей планеты, трудно себе представить, каким образом можно было бы найти ее разрешение, если бы мы не создали современных космических средств. Процесс разрушающего воздействия деятельности человека на природу и мощные, плохо контролируемые темпы расходования природных ресурсов нашей планеты могли бы оказаться труднообратимыми или даже необратимыми.

Поколение человечества середины XX века, решив проблему выхода человека в космос и обеспечив с помощью космических средств решение проблемы будущего нашей планеты и человечества на ней, должно решить хотя и более отдаленную, но еще более важную проблему.

Человечество не может связывать свое будущее только с нашей родной планетой. Это невозможно потому, что любая разумная цивилизация не связала бы свое будущее с планетой довольно малых размеров, которая к тому же находится в системе остывающего Солнца.

Да и само человеческое общество в своем развитии должно, естественно, выйти за рамки своей планеты, в силу ограниченной ее поверхности (а суши тем более) и естественного увеличения самого человечества, что свидетельствует о мощи человеческой цивилизации.

Человечество не может ставить себя в зависимость и от других планет. Как об этом образно говорил Циолковский, жить на планетах — "значит заковать себя цепями тяжести, иногда более крепкими, чем земные, воздвигнуть себе множество преград, приле-

лится к ничтожному пространству, жить жалкой жизнью в утробе матери. Планета есть колыбель разума, но нельзя вечно жить в колыбели" /2, стр.196/.

Значит, человечество должно выйти и за границы Солнечной системы, должно отправиться в поисках условий для своего существования и развития к другим подходящим звездам. Поэтому поколение человечества середины XX века, сказав "А" – выйдя в космос, должно сказать "Б" – разработать глобальный план (на несколько веков) развития космических средств, которые бы обеспечили выход человеческой цивилизации из Солнечной системы и перелет ее представителей (или ее) в другие звездные системы. При этом, конечно, существует масса и технических, и научных, и других проблем, в том числе и таких, как встречи и контакты с представителями других цивилизаций, взаимоотношение с другими цивилизациями и т.д. И они, конечно, должны найти свое разрешение. И, несомненно, найдут! В этом мы можем положиться на поколения человечества иных веков.

Но решение проблемы – разработка глобального плана развития космических средств, обеспечивающих будущее существование человеческой цивилизации вне Солнечной системы, – это дело представителей поколений XX века и их долг перед будущими поколениями человечества!

Новые качественные изменения в жизни человечества связаны с принципиально новым подходом к исследованию, изучению мира. Коперник, Дарвин, Эйнштейн, Циолковский своими открытиями изменили сам способ видения мира, присущий человеку. Чтобы принять этот способ видения, чтобы совершенствовать принципы, выдвинутые гениями, человек должен быть духовно подготовлен, должен обладать достаточным уровнем общей культуры, бесстрашием и раскованностью мысли. Тогда он становится более подготовленным к встрече с будущим, к непрерывному и вечному процессу поиска и открытия мира.

Л и т е р а т у р а

1. К.Э.Циолковский. Будущее Земли и человечества. Калуга, 1928.
2. К.Э.Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1911-1912 гг.). – В кн.: К.Э.Циолковский. Избранные труды. М., 1962, стр. 167-208.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им.К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга ТРУДЫ ДЕВЯТЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО
Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное
прогнозирование"

1974 г.

Д.Н.Щеверов

К.Э.ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Уже на склоне лет, в конце 1934 г. К.Э.Циолковский начал работу "Основы построения газовых машин" /I, стр.18/, которая является примером комплексного исследования проблемы. В этом труде автор связывает построение (проектирование) машины (двигателя) с природой и свойствами рабочего тела, с влиянием воздушного потока на условия полета и др. Автор рассматривает по существу комплекс параметрических и функциональных задач оптимизации космического летательного аппарата (КЛА). Это вполне логично. Циолковский находился в положении исследователя, у которого отсутствовали какие-либо серьезные практические результаты предшественников по проблеме, и задача ученого состояла и в том, чтобы привлечь к проблеме внимание, побороть скептицизм обывателей. В этих условиях исследователь не может обойтись без комплексного изучения проблемы, без использования приемов оптимизации и обоснования достаточно простых и обозримых, но практически важных, выводов. Поэтому правомерно утверждать, что Циолковский был ученым-систематиком, впервые применившим методы комплексного исследования космических летательных аппаратов.

За минувшие сорок лет методы комплексного (системного) исследования космических летательных аппаратов существенно изменились. Формирование "системных" методов шло на основе теории сложных систем и широкого применения электронных вычислительных машин (ЭВМ). Кратко остановимся на некоторых аспектах современных методов системного исследования КЛА, рассмотрим исторические особенности их развития.

Изучение сложных технических систем обычно начинают с исследования структуры (строения). В строении технических систем можно усмотреть общие черты. Рассмотрим это на примере структуры космической системы. Рассматриваемая система имеет, в общем-то, иерархический характер. Она может быть разбита на подсистемы разных уровней /2/.

В структуре космической системы можно выделить пять видов связей:

- 1) присутствия и соподчинения - иерархические параметрические;
- 2) прямые связи между параметрами объектов одного и разных ближайших уровней;
- 3) связи иерархические функциональные;
- 4) прямые функциональные связи между объектами и системой высшего уровня (через один и выше);
- 5) внешние связи.

Заметим, что под функциональными понимают связи, определяющие возможность выполнения системой своих целевых задач (функций). К функциональным иерархическим в рассматриваемом примере относятся связи, влияющие на надежность, готовность и живучесть системы. Прямые функциональные связи определяют вероятность выполнения задачи системой, непосредственно зависящую от какого-либо параметра элемента или подсистемы нижнего уровня, например от аппаратуры КА, систем жизнеобеспечения, тепловой и радиационной защиты и т.д. Наличие указанных выше пяти видов связей отражает более сложную, чем иерархическая, матричную структуру космической системы.

Задача оптимизации управления сложной системой, выполняемая на математической модели, заключается в поиске такого набора значений варьируемых параметров (параметров управления), при котором целевая функция приводится к желаемому состоянию (обычно к максимуму или минимуму). Тогда можно сказать, что оптимальной системой является такая, у которой совокупность значений варьируемых параметров приводит целевую функцию к желаемому состоянию.

На всех этапах исследования технических систем применяют принцип оптимальности, предполагающий, что если объекты подсистем всех уровней оптимальны в смысле соответствующих им критериев систем более высокого уровня, то вся система оптимальна.

Из принципа оптимальности и структуры космической системы вытекает три важных правила:

Правило 1. При фиксированных функциональных связях необходимо, чтобы показатели, используемые в случае оптимизации объектов и подсистем нижнего уровня, являлись критериями систем следующего, более высокого уровня.

Правило 2. В случае оптимизации параметров объектов, определяющих функциональные параметры системы более высокого уровня (через один и более), необходимо, чтобы рассматриваемые объекты были оптимальны по критерию оценки этой системы более высокого уровня.

Правило 3. Нельзя оптимизировать параметры системы данного уровня, связанные функционально или прямыми связями с системой более высокого уровня, ограничиваясь рамками исследования системы данного уровня.

Исследования показали, что влияние параметров системы определенного уровня на качество системы более высокого по мере повышения уровня последней уменьшается. Это позволило установить еще два важных правила.

Правило 4. При формировании математической модели оптимизации без учета функциональных связей (при решении параметрических задач) можно ограничиться моделью, отражающей связи исследуемой подсистемы с ее элементами, а также с подсистемами того же и следующего более высокого уровней.

Правило 5. При исследовании функциональных задач оптимизации математическая модель должна отражать связи между параметрами объекта и системой высшего уровня, функции которого определяет исследуемый объект.

Проектирование сложных систем представляет собой итерационный процесс — процесс последовательного приближения, который включает несколько циклов уточнения постановки задачи и варьируемых альтернатив, построения математических моделей и счета на ЭВМ, сопоставления стоимости и других показателей, а также накопления информации о возможных решениях.

В связи с конкретными особенностями технических систем и условий их существования, а также итерационным характером проектирования можно утверждать, что для установления оптимального

управления их развитием нельзя использовать какую-либо одну неизменную модель. Поэтому по мере накопления опыта пользуются совокупностью моделей с параметрами, зависящими от меняющихся условий исследования.

Итерационный характер проектирования позволяет применить идею расчленения задачи на отдельные частные. Однако при этом любое частное исследование должно быть подчинено единой цели, причем исследователи должны расширить границы системы до пределов, необходимых для определения важнейших связей, с тем, чтобы вести комплексное изучение задачи в рамках моделей, установленных правилами 4 и 5.

При исследовании сложных систем часто используют метод индукции и принцип адаптации математических моделей. В этом случае вначале изучают частные задачи по определению оптимальных параметров объектов подсистем нижних уровней. Затем производят оценку влияния тех или иных варьируемых параметров на функции связи. Далее расширяют математическую модель исследования, приспособляя ее к условиям воздействия на целевую функцию новой совокупности варьируемых параметров. С этой целью параметры, слабо влияющие на целевую функцию, принимаются постоянными, близкими к своим оптимальным значениям, отдельные функции связи заменяют линейными и нелинейными приближенными зависимостями. После этого производят исследование приспособлений к восприятию главного - адаптированной математической модели, охватывающей весь круг объектов системы высшего уровня. В условиях ограниченного времени, с учетом необходимости привлечения к исследованиям специалистов разных профилей, субоптимизация является, как правило, подходом к решению задач управления развитием сложных технических систем.

При исследовании технических систем в непрерывном единстве с анализом осуществляется синтез. Синтез и анализ при итерационном исследовании применяются в неразрывном единстве повторяющегося процесса поиска лучшего решения. При принятии решения используются три основные формы умозаключения: индукция, дедукция и аналогия. Опыт показывает, что при наиболее распространенном среднесрочном прогнозировании (на 5-10 лет) использовать метод аналогии, благодаря чрезвычайно быстрому развитию науки и техники, опасно. Только сочетание методов индукции и дедукции является приемлемой основой для принятия решений по программе прогнози-

рования развития сложной технической системы. При использовании метода индукции явление изучается от частного к общему. В связи с этим результаты исследования сложных систем должны содержать совокупность величин, определяющих параметры оптимальной системы. В случае использования дедуктивного метода идут от общего к частному, от закономерности к ее проявлению. Следовательно, результаты исследования сложной технической системы должны содержать также указания о закономерностях связей параметров, о влиянии на них внешних условий.

Таким образом, для управления системой важно знать не только одно оптимальное решение, но и закономерности, на основе которых оно получено; только тогда, сообразуясь с меняющимися внешними условиями, учитывая показатели, не включенные в целевую функцию, можно принять обоснованное решение. В этом заключается одно из принципиальных отличий исследования сложных технических систем.

В общем итерационном процессе исследования сложных систем при решении всего многообразия задач можно выделить следующие основные этапы: 1) постановка задачи исследования; 2) выбор критерия и целевой функции; 3) установление логической и математической модели исследования; 4) составление алгоритма решения задачи на ЭЦВМ; 5) счет на ЭЦВМ и обработка результатов исследования.

Постановка задачи исследования технической системы включает:

- определение целей (цели) системы;
- установление ограничений и разумных допущений;
- установление круга вопросов, подлежащих исследованию;
- определение требований к объему, глубине и срокам разработки отчетной документации;
- формирование указаний по координации усилий исполнителей.

Выбор критерия (по существу и целевой функции) органически связан с тем, каких именно результатов следует добиваться от системы. Часто из-за неясности задач системы затрудняется и выбор критериев. Выбрать критерии трудно и потому, что задача исследования сложной системы подразделяется на оптимизацию параметров подсистем разных уровней. Выбор критерия является наибо-

лее ответственной задачей исследования. При выборе критериев можно руководствоваться приведенными выше правилами 1-3.

Логические модели являются первым результатом формализации задачи, они раскрывают логику процесса исследования, определяют метод и общую последовательность решения задачи. Наибольший интерес представляют логические модели исследования систем достаточно высокого уровня.

При исследовании КЛА модель отражает последовательность процесса исследования. В этом случае задача прогнозирования решается первой. Параметрические задачи, связанные иерархически, исследуются последовательно. Задачи оптимизации (функциональные) решаются совместно с обследованием систем более высокого уровня. Исследование завершается решением задачи на обобщенной модели. Совокупность логических моделей исследования дает возможность вскрыть структуру и закономерность изменения качества сложной системы.

Прогнозирование является частью задачи проектирования оптимальных параметров КЛА. Как известно, прогнозирование предполагает установление характеристик элементов или систем будущего к определенному сроку. В зависимости от срока, различают краткосрочное (как правило до 5 лет), среднесрочное (до 10 лет) и долгосрочное (свыше 10 лет) прогнозирование.

Различают два вида прогнозирования: прямое и обратное. Прямое прогнозирование предполагает, что технические параметры элементов системы являются случайными функциями времени, значения которых можно установить для будущего с некоторой допустимой ошибкой, основываясь на характере предшествующего процесса их развития. Следовательно, к определенному сроку, экстраполируя функции прогноза, можно представить параметры любого объекта, например, удельную тягу КЛА. Далее, используя известные методы, например, баллистического проектирования КЛА, можно найти оптимальные параметры будущей системы. Прямое прогнозирование иногда называют прогнозированием методом экстраполяции. Логическим началом такого прогноза является статистическая обработка всей накопленной до этого информации.

При обратном (нормативном) прогнозировании исследователи на основе интуиции и эвристических представлений ставят цель и мысленно создают объекты системы будущего. Затем от цели идут на-

зад. (к текущему моменту) и путем экспертных оценок, анализа патентной документации устанавливают возможные сроки реализации, корректируют состав системы, оценивают трудоемкость работ и экономические затраты. При благоприятном результате исследования планируют работы над системой будущего. Некоторое преимущество обратного метода прогноза заключается в активном характере поиска решения. Однако наибольшее распространение нашло прямое прогнозирование.

При прямом прогнозировании параметров технических систем используют: методы экспертных оценок и экстраполяций. В связи с особенностями развития определяющих параметров КЛА в критической области, как правило, целесообразно использовать комбинированный метод.

Математическое ожидание прогнозируемой величины определяется в этом случае по формуле:

$$M(\pi) = aM(\pi)^{\text{э}} + (1-a)M(\pi)^{\text{ф}},$$

где $M(\pi)^{\text{э}}$ - математическое ожидание параметра, установленное к сроку прогноза по экспертным оценкам,
 $M(\pi)^{\text{ф}}$ - та же величина, полученная с помощью функций прогноза,

a - коэффициент, отражающий степень доверия к методу экспертных оценок.

Среднеквадратическое отклонение параметра устанавливается по данным обработки экспертных оценок. Алгоритм прогнозирования определяющих параметров КЛА может быть построен на основе экстраполяций.

Каждой логической модели соответствует математическая модель, представляющая второй этап формализации исследования. При формировании математической модели используют блочный принцип, алгоритм которого должен связать квазиоптимизацию блоков с общей оптимизацией системы.

В настоящее время задача комплексного проектирования реализуется на ЭВМ. Это позволило существенно расширить область исследования.

Из опыта исследования технических систем вытекает ряд общих закономерностей и рекомендаций, а именно:

1) Структура и связи систем зависят от характера задач и ус-

ловий исследования. Поэтому в каждом конкретном случае перед математическим описанием задачи следует определить структуру и связи системы, выделить подсистемы разных уровней, установить реакции связей (внешние связи).

2) Разнообразие и динамический характер задач оптимизации систем практически исключает использование универсальных методов оптимизации. В каждом конкретном случае должны быть установлены свои критерии, целевая функция, логическая и математические модели и математические методы исследования задачи.

3) Исследование технических систем рационально вести, используя принципы суперпозиции и замены связей реакциями, выделив (как самостоятельные параметрические и функциональные задачи) задачи оптимизации функциональных связей.

4) Исследование технических систем представляет итерационный процесс, в котором используют метод индукции и адаптации - приспособления моделей к восприятию главного.

5) В процессе исследования сложных технических систем целесообразно применять логические и математические модели, а также критерии систем разных уровней.

6) Исследование технической системы должно охватывать весь круг вопросов регуляции всеобщего управления, а именно:

- управление с целью поддержания и усиления эффективности системы определенного состава;
- управление процессом ее развития;
- совершенствование организации управления.

7) Постановка задачи по исследованию сложной технической системы так же, как и план координации работ, должны корректироваться в зависимости от меняющихся во времени условий и задач системы.

8) В начале исследования важно, хотя бы весьма приближенно, определить контуры возможных решений с тем, чтобы обеспечить специалистов, всех профилей предварительной информацией, позволяющей конкретизировать их работу.

9) При планировании развития систем значительное внимание следует уделять не только прогнозированию технических параметров, но и установлению надежных экономических функций.

10) В зависимости от складывающихся условий приходится менять программу работы. Поэтому исследование технических систем

должно содержать не только оптимальное решение, но и общие закономерности, позволяющие корректировать программу.

II) Наибольшие усилия следует направлять на установление ценных практических рекомендаций. Поэтому в процессе исследования нужно чаще от абстрактной модели обращаться к реальному объекту и, после сравнения, корректировать структуру модели.

12) Вопросы организации управления техническими системами имеют вероятностный характер. В связи с этим научная организация управления техническими системами всех уровней предполагает не только корректирование планов развития, но и учет неопределенностей и корреляционных связей путем уточнения оптимального решения.

Рассматривая процесс формирования методов комплексного проектирования КЛА в историческом плане, можно обнаружить цикличность в развитии методов исследования и совершенствование их по восходящей спирали. Можно утверждать, что исследователи вначале шли от весьма общих и приближенных теоретических предпосылок к конкретному изучению задачи в первом приближении. Затем происходило расширение рамок проблемы и теоретизация методов исследования, и, наконец, в последние годы наметилось прямое приближение многочисленных методов проектирования к решению конкретных практических задач, поставленных КБ и НИИ.

В связи с затронутой темой правомерно утверждать, что Циолковский понимал историческую закономерность развития проблемы проектирования и четко представлял необходимость в тот период освещения именно практических путей реализации проблемы завоевания космоса на основе приближенных комплексных методов исследования.

Л и т е р а т у р а

1. К.Э. Циолковский. Труды по ракетной технике. М., 1947.
 2. Проектирование и испытание баллистических ракет. Под ред. В.П. Варфоломеева и М.И. Копылова. М., 1970.
-

АКАДЕМИИ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ ДЕВЯТЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1974 г.
--------	---	---------

В.П.Сенкевич

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПЕРСПЕКТИВ
РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(Системный подход к перспективным исследованиям у К.Э.Циолковского и сегодня)

Реактивные космические приборы и овладение процессами круговорота энергии, дирижабли и аэропланы, преобразование Земли и создание космических поселений, обеспечивающих комфортабельную жизнь людей в эфире (терминология К.Э.Ц.), преобразование природы растений и животных в нужном для человека направлении и даже изменение общественной организации, психологии и физиологии самого человека - таковы основные направления перспективных исследований в многогранном творчестве К.Э.Циолковского. При этом, каждое из названных направлений занимает свое определенное место в единой системе прогнозов и высказываний, открытий и расчетов. Человечество движется вперед по пути увеличения своего могущества над силами природы, и нет оснований для утверждения о существовании каких-либо границ на пути его движения - таков лейтмотив всей системы взглядов ученого на будущее человечества. На этом пути человечество должно выйти за пределы своей матери-планеты и стать космической силой, способной преобразовать планеты и планетные системы, сознательно и направленно изменять формы жизни, общественную организацию и психологию людей. Это свое представление о неограниченном в пространстве и времени развитии могущества человечества Циолковский сам называл "космической философией". Вот некоторые из его высказываний.

"Планета есть колыбель разума, но нельзя вечно жить в колыбели". /1, стр.196/.

"Мы живем более жизнью космоса, чем жизнью Земли, так как космос бесконечно значительнее Земли по своему объему, массе и

времени." /2, стр.9/.

"Сейчас люди слабы, но и то преобразовывают поверхность Земли. Через миллионы лет это могущество их усилится до того, что они изменят поверхность Земли, ее океаны, атмосферу, растения и самих себя. Будут управлять климатом и будут распоряжаться в пределах солнечной системы, как и на самой Земле. Будут путешествовать и за пределами планетной системы, достигнут иных солнц и воспользуются... даже материалом планет, лун и астероидов, чтобы не только строить свои сооружения, но и создавать новые живые существа". /3, л.3/.

"... Космос, в общем, переполнен жизнью даже выше, чем человеческая". /4, стр.25/.

"... Земля необходима, как опора, как базис для распространения и упрочения могущества человека в солнечной системе и на ее планетах". /5, стр.4/.

Именно ради прогресса человечества ученый работает над изобретением, обоснованием и расчетом необходимых средств и находит их. Можно только удивляться точности его прогнозов по ряду моментов развития самой техники.

"За эрой аэропланов винтовых должна следовать эра аэропланов реактивных или аэропланов стратосферы". /6, стр.403/.

"... Только с момента применения реактивных приборов начнется новая, великая эра в астрономии - эпоха более пристального изучения неба" /1, стр.205/.

"Как я сам гляжу на космические путешествия; верю ли я в них?..

До последнего времени я предполагал, что нужны сотни лет для осуществления полетов с астрономической скоростью (8-17 км в секунду...) Но непрерывная работа в последнее время поколебала эти мои пессимистические взгляды: найдены приемы, которые дадут изумительные результаты уже через десятки лет" /7, стр.419/.

Но вновь и вновь ученый предупреждает, что средства, которые он предлагает для расширения человеческого могущества над природой, не есть самоцель, и необходимо далее работать над новыми, более совершенными средствами для движения к цели.

Вера в будущее могущество человечества, смелая фантазия, глубокое проникновение в будущее, широта охвата явлений и трезвый расчет, базирующийся на реальных физических принципах, - все это делает философские воззрения Циолковского материалистическими, а

методологию перспективных исследований (по современной терминологии) методологией системного, многофакторного (комплексного) прогнозирования. Он сам писал о своей работе:

"Вся моя жизнь состояла из размышлений, вычислений, практических работ... и опытов". /8, стр.15/.

Девиз его научных исканий — научный расчет, который шествовал за мечтой, фантазией, сказкой.

Отдавая дань своего уважения гению Циолковского, академик С.И.Королев так оценивал значение его идей и технических предложений:

"В настоящее время, видимо, еще невозможно в полной мере оценить все значение научных идей и технических предложений Константина Эдуардовича Циолковского, особенно в области проникновения в межпланетное пространство.

Время иногда неумолимо стирает облики прошлого, но идеи и труды Константина Эдуардовича будут все более и более привлекать к себе внимание по мере дальнейшего развития ракетной техники.

Константин Эдуардович Циолковский был человеком, жившим наперед своего века, как и должно жить истинному и большому ученому" /9, стр.21/.

Как же изменилась методология и практика перспективных исследований в наше время?

Высокие темпы сегодняшнего научно-технического прогресса, все возрастающее воздействие науки и техники на все стороны экономической и социальной жизни обуславливают тот закономерный интерес, который проявляется сегодня к проблемам прогнозирования. В условиях современной научно-технической революции коренным образом меняются представления о критериях времени и масштабах прогресса. Процессы развития науки и техники, протекавшие в прошлом на протяжении десятков и сотен лет, совершаются в наши дни неизмеримо быстрее. В силу этих причин предвидение перспектив развития становится особенно необходимым, так как создает основу для сознательного и целенаправленного управления процессами развития общества.

Как подчеркивал в Отчетном докладе ЦК КПСС XXIV съезду партии товарищ Л.И.Брежнев, планирование развития народного хозяйства "... должно опираться на более точное изучение общественных потребностей, на научные прогнозы наших экономических возможностей, на всесторонний анализ и оценку различных вариантов решений, их не-

посредственных и долговременных последствий. Чтобы решить эту ответственную и сложную задачу, необходимо развернуть горизонты экономического планирования" /10, стр.67/.

Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование сегодня являются важными функциями управления производством и научно-техническим развитием. Л.И.Брежнев отмечал, что "...вопросы управления затрагивают не только узкий круг руководителей и специалистов, но и все партийные, советские, хозяйственные организации, все коллективы трудящихся. Это означает, что улучшение управления - важная составная часть всей деятельности партии по руководству экономикой" /10, стр.65/.

При этом процесс управления можно сформулировать, как совокупность целенаправленных действий, осуществляемых с помощью различных методов и средств для достижения оптимальных результатов. В структуре целенаправленных действий управлением развития научно-технического прогресса (применительно к технике) можно выделить следующие функции (см. таблицу №1).

Кратко рассмотрим функции управления развитием науки и техники на этапах прогнозирования, программирования, планирования и проектирования сложных систем.

Характерной чертой управления является то, что наука, техника, производство, а также государство и классовое общество, являющиеся объектами рассмотрения, представляют собой сложные (большие) системы. Это требует применения и развития системного, многофакторного, комплексного анализа. Глубокая взаимосвязь исследуемых явлений, динамический характер их количественной определенности требуют не только качественного анализа явлений, но и их формализации и количественного выражения с применением новых математических методов исследования и мощной современной вычислительной техники.

Сегодня методология исследования сложных систем обретает все более четкие формы, которые применительно к любой рассматриваемой системе могут быть выражены в виде следующих основных принципов:

1. Принцип централизованности определяет связность различных систем или подсистем в рамках единой системы более высокого уровня и подчиненность этих частных систем целям и задачам системы высшего уровня.

2. Целевой принцип определяет необходимость построения всей иерархии целей и задач как для системы высшего уровня, так и для систем соподчиненных.

3. Принцип комплексности определяет необходимость учета взаимного влияния различных систем и подсистем на их развитие и развитие систем более высокого уровня.

4. Ресурсный принцип требует учета ограниченных ресурсов для реализации различных систем и подсистем структуры единой системы более высокого уровня.

Таблица I

№ : Исследования пп : и результаты	Функции управления развитием технических систем				x/
1 : Вид деятельности	Прогнозирование	Программирование	Планирование	Проектирование	
2 : Выходной документ	Прогноз и основные направления развития технических систем	Программа развития технических систем	Пятилетний годовой и другие виды планов	Проектирование технических систем и объектов	
3 : Ожидаемый результат	Оптимальное решение по развитию техники на длительную перспективу (более 15 лет)	Оптимальное решение по разработке систем на перспективу (10-15 лет)	Оптимальное решение по плану действий на пятилетний и годовой периоды	Оптимальное решение по системе или объекту, исходная информация для прогнозирования, программирования и планирования развития техники	

x/ ПРИМЕЧАНИЕ: Функции управления можно было бы дополнить: например, функции изготовления, испытания, эксплуатации и др. Однако последние не входят в предмет рассмотрения данной работы.

5. Принцип вариантности отражает стохастический характер структуры системы и определяет необходимость разработки некоторого ряда вариантов изучения систем, подсистем и их связей в единой системе высшего уровня.

6. Принцип этапности определяет необходимость выделения этапов исследования, каждый из которых характеризуется своей степенью детализации.

7. Принцип эффективности и оптимальности определяет необходимость выбора такого варианта построения систем и подсистем, который обеспечивает наибольшую эффективность в структуре системы высшего уровня с учетом ограниченных ресурсов и вероятности реализации.

Теория и практика прогнозирования и планирования, особенно опыт в разработке последних пятилетних планов и долгосрочного плана прогноза развития народного хозяйства до 1990 года - все это позволяет выделить соответствующие этапы и элементы в сложном комплексе работ по управлению народным хозяйством, в котором важное место принадлежит и прогнозированию. Прогноз, основываясь на познании перспектив развития науки, техники, экономики, социальных явлений, служит для формулирования альтернативных путей развития народного хозяйства. Поэтому прогноз, как отмечают многие ученые, - необходимый этап предплановых разработок, который должен вестись непрерывно. Теория и практика управления развитием научно-технического прогресса выдвинули переходное звено между прогнозом и планом - долгосрочные программы. Каждая программа (например, развития ядерной энергетики или исследования и освоения космического пространства и др.) в этих условиях представляет собой заданный во времени и пространстве комплекс мероприятий с четко определенными результатами, которые сопоставлены с целями и требованиями на ресурсы. В свою очередь, план представляется как система целенаправленных мероприятий, содержащая в отличие от прогнозов однозначно определенные сроки и условия осуществления какого-либо мероприятия. План является адресным и директивным. Для лучшего его обоснования целесообразно разрабатывать многовариантные прогнозы, принимая в качестве основы для плана, как правило, только один наиболее рациональный вариант прогноза.

Применительно к исследованию народнохозяйственных проблем можно выделить:

Предплановые прогнозы, концепции и основные направления развития, состоящие в анализе и предвидении основных тенденций развития

науки и техники, в том числе обоснование целей и задач, основных направлений и методов осуществления научно-технической пятилетки, определение важнейших параметров будущего плана.

Перспективные, общегосударственные отраслевые и другие виды планов, т.е. система плановых решений и соответствующих хозяйственных мероприятий, обеспечивающих намечаемое развитие народного хозяйства материалами, трудовыми и финансовыми ресурсами, механизмом воздействия на ход выполнения плана. Адресность, обязательный характер выполнения условий и сроков - неотъемлемые, как уже говорилось, черты плана. При этом общегосударственная система планирования складывается как сложная система долгосрочных программ и планов, пятилетних и годовых планов.

Осуществление перспективных планов включает также разработку послеплановых прогнозов, состоящих в предвидении последствий проводимых плановых мероприятий и возможности и необходимости корректирующих воздействий.

Следующий этап - комплексное проектирование какого-либо крупного проекта или системы. Например, американская система "Фейм" для управления проектом создания космического корабля "Аполлон", отечественные работы по оптимизации характеристик выбранного варианта системы или элементов по эффективности и полной стоимости, система проектного прогнозирования "Проект" и др. Здесь задачи научно-технического прогнозирования характеристик системы сливаются с задачами определения проектного облика системы, обеспечивающей максимальную эффективность в предполагаемых условиях действия при минимальной стоимости производства и эксплуатации. Эта группа задач решается, главным образом, новейшими методами, обобщенными в новой научной дисциплине - анализе систем, выросшей на основе кибернетического системного подхода из системотехники и исследования операций.

В предисловии к работе /II/ профессор И.И.Ануреев по этому поводу пишет, что "анализ систем - логико-аналитический метод, применяемый для перспективного планирования при создании сложных систем и проведении крупных мероприятий в условиях неопределенности" /II, стр.11-12/. Анализ систем можно сопоставить с первым этапом математического моделирования сложных систем, когда ставится задача выбора цели или стратегии управления системой и разбиение ее на отдельные блоки и элементы с установлением связей между ними. В зависимости от целей исследований глубина и способ таких разбиений варьируются. Процесс проектирования является последовательным и, как правило, пре-

дусматривает несколько приближений с целью получения наилучшего решения. Широкое применение получают методы машинного проектирования систем.

Рассматривая большие сложные системы как объекты управления, их принципы и пути создания, определяя оптимальные характеристики систем в целом и отдельных частей, прогнозируя развитие этих систем в будущем, сравнивая альтернативные варианты их построения или организации, оценивая по критериям типа "целевая эффективность" - "стоимость" - "время", планируя и контролируя их развитие, мы неизбежно приходим к выводу, что современное научное исследование подобных проблем приобрело новый характер, а сам анализ стал комплексным, интегрирующим, позволяющим судить об оптимальности лишь в результате оптимизации по нескольким критериям, с учетом многих факторов, большого числа условий и ограничений, часто разнохарактерных и противоречивых.

Иными словами, по мнению автора, комплексный анализ перспектив развития сложных технических систем, базируясь на системном кибернетическом подходе, представляет собой совокупность новейших разнообразных приемов и методов логико-математических, многопараметрических и многофакторных исследований по проблеме "оптимальность оптимальности", позволяющей в итоге получить наиболее выгодное и приемлемое на анализируемый период решение.

Таким образом, можно резюмировать, что сегодня развивается широкий круг научных дисциплин, которые подводят фундамент под работы, направленные на определение перспективы развития науки, техники, производства и общества, т.е. тех работ, о которых и мечтал великий ученый Циолковский. Однако для нас важно отметить, что наш соотечественник в своей практической работе интуитивно, и намного впереди своих современников подходил к сегодняшним представлениям, к современным методологическим концепциям комплексного анализа, к идеям и принципам системного подхода. Поэтому изучение и развитие его творческой методологии является для нас актуальной и важной задачей, позволяющей, в конечном счете, более зримо представить и спрогнозировать не только перспективу развития сложных технических систем, но и других направлений прогресса человечества.

Литература и источники

1. К.Э.Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1911-1912 гг.). - В кн.: К.Э.Циолковский. Избранные труды. М., 1962, стр.167-207.
 2. К.Э.Циолковский. Причина космоса. Калуга, 1925.
 3. К.Э.Циолковский. Разум космоса и разум его существ. - Архив АН СССР, ф.555, оп.1, д.500, лл.2-5:
 4. К.Э.Циолковский. Монизм Вселенной. Калуга, 1925.
 5. К.Э.Циолковский. Будущее Земли и человечества. Калуга, 1928.
 6. К.Э.Циолковский. Реактивный аэроплан. - В кн.: К.Э.Циолковский. Избранные труды. М., 1962, стр.394-403.
 7. К.Э.Циолковский. Только ли фантазия? - В кн.: К.Э.Циолковский. Собр.соч., т.2. М., 1954, стр.418-419.
 8. К.Э.Циолковский. Автобиография. - В кн.: Н.А.Рынин. К.Э.Циолковский. Его жизнь, работы и ракеты. Л., 1931, стр.8-15.
 9. С.П.Королев. О практическом значении научных и технических предложений К.Э.Циолковского в области ракетной техники. - В сб.: "Из истории авиации и космонавтики", вып.4, М., 1966, стр.7-21.
 10. Материалы XXIV съезда КПСС. М., 1971.
 11. Э.Квейд. Анализ сложных систем. М., 1969.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
ИМ.К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ ДЕВЯТЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1974 г.
--------	---	---------

Ю.А.Матвеев

МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ТРЕБОВАНИЙ
НАДЕЖНОСТИ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

В предисловии к работе "Космические ракетные поезда"(1929), приветствуя работников астронавтики, К.Э.Циолковский подчеркивал, что "это дело (освоение космического пространства.-Ю.М.)... рискованное и безмерно трудное. Оно потребует не только чрезвычайно-го напряжения сил и гениальных дарований, но и многих жертв... Звездоплавание нельзя сравнивать с летанием в воздухе. Последнее - игрушка по сравнению с первым" /1, стр.216/. Циолковский верил в успех дела и в то же время указывал на сложность решаемой задачи: "Несомненно, достигнут успеха, но вопрос о времени его достижения для меня совершенно закрыт.

Представление о легкости его решения есть временное заблуждение. Конечно, оно полезно, так как придает бодрость и силы.

Если бы знали трудности дела, то многие, работающие теперь с энтузиазмом, отшатнулись бы с ужасом" /Там же/.

За прошедшие сорок лет советская и мировая космонавтика достигла немалых успехов. Но еще более грандиозные задачи предстоит решить. "Трудности дела", о которых говорил Циолковский, на современном этапе имеют не только технический характер, но все большее значение приобретают трудности экономического плана. Реализация космических проектов требует огромных затрат средств и времени. Поэтому технико-экономическому обоснованию альтернативного варианта системы, возможного плана реализации проекта в настоящее время уделяется большое внимание.

В переживаемые годы научно-технической революции происходит

чрезвычайно быстрое "старение" отдельных образцов техники и целых отраслей народного хозяйства. Технические системы, которые сегодня отвечают своему назначению, через несколько лет станут неэффективными. Известно, что время создания и эксплуатации космических систем (КС) значительно. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы прогнозирования и перспективного планирования развития космической техники.

В данной работе рассматривается один из методов прогнозирования оптимальной программы развития космической системы. Под программой развития здесь понимается распределение затрат средств (C_{ij}), времени (T_{ij}), количества испытаний (N_{ij}) на различных этапах "жизни" КС и ее элементов.

При исследовании распределения затрат средств и времени на создание перспективной системы используются различные приемы, в частности, анализ проводится на основе связей: затраты, время реализации проекта, проектные параметры системы /2/. Однако такой подход имеет ряд существенных недостатков. В работе /4/ показана возможность использования надежности как чувствительной к различного рода затратам средств и времени величины, в целях планирования развития технической системы. Зависимости $C_{ij}-N_{ij}, P_{ij}, T_{ij}$, где P_{ij} - надежность, используются ниже при планировании развития перспективной КС.

Задача прогнозирования оптимальной программы формирования и требований к надежности космической системы рассматривается в следующей постановке: требуется установить закон изменения надежности, распределение средств и времени по этапам "жизни" Системы, вводимой в строй к моменту t_{np} , чтобы она обеспечила выполнение поставленной задачи через определенный срок с начала разработки T_p в течение времени заданного периода эксплуатации, и затраты средств при этом были бы минимальными.

Решение такой динамической по своему характеру задачи проводится "методом сечений" /3/. На первом этапе исследуется структура процесса обеспечения надежности, строится граф пространственно-временного развития системы. Типовой граф пространственно-временного развития технической системы - это безконтурный

ориентированный граф, каждая i_j -ая дуга которого определяет i -ый этап процесса создания j -го элемента системы (например, опытная отработка двигательной установки и т.п.). В результате проведения N_{ij} испытаний и мероприятий по увеличению надежности, дополнительных затрат средств C_{ij} и времени T_{ij} , связанных с этим, надежность P_{ij}^* i -го элемента в конце j -го этапа повышается до уровня P_{ij}^* .

Надежность системы ($R_{кс} = \prod P_{ij}$) повышается с увеличением затрат на проектирование и отработку, производство и испытания. Она растет с увеличением времени на разработку, уменьшается при длительном хранении и восстанавливается частично или полностью после регламентных работ и ремонта. Надежность выполнения поставленной задачи (W) определяется эксплуатационной надежностью системы. В то же время затраты средств на выполнение поставленной задачи складываются из затрат на разработку и создание системы и, следовательно, зависят от надежности, характеризующей эти этапы.

При исследовании программы формирования перспективной системы используются связи:

$$C_{ij} = C_{ij}(P_{ij}^*, \bar{L}_{ij}(t)); \quad (1)$$

$$P_{ij}^* = P_{ij}(N_{ij}, T_{ij}, \bar{P}_{ij}(t)), \quad (2)$$

где $\bar{L}_{ij}(t)$, $\bar{P}_{ij}(t)$ - некоторые векторные функции времени.

Вид зависимостей (1), (2) определяется с помощью логического и математического моделирования. Для нахождения функций $\bar{L}_{ij}(t)$, $\bar{P}_{ij}(t)$ используются статистические методы и информация по подпроцесс-аналогам.

Построение динамических статистических моделей (1), (2) проводится на втором этапе с помощью методов корреляционно-регрессионного анализа. При отсутствии статистики по прототипам можно воспользоваться эвристическими данными опроса экспертов /3/.

В заключение проводится оптимизация программы формирования системы, создание которой планируется к моменту t_{np} . Типовая

математическая модель, используемая при этом, имеет следующий вид.

Целевая функция - суммарные затраты на выполнение задачи исследования:

$$C_{(t_{np})}^{\Sigma} = \sum_i \sum_j C_{ij}^* \quad (3)$$

Составляющие затрат по этапам жизни системы:

1. Затраты на проектирование ($i = 1$):

$$C_{1j}^* = \{C_{1j}(P_{1j}^*, P_{2j}, t_{np}) + \Delta C_{1j}(t_{np})\} \gamma_{1j}; \quad (4)$$

$$C_{1j}(P_{1j}^*, P_{2j}, t_{np}) = \bar{C}_{1j}(t_{np}) (1 - P_{1j}^*)^{-\beta_{1j}^*(t_{np})} \cdot (1 - P_{2j})^{-\beta_{1j}(t_{np})} \quad (5)$$

2. Затраты на наземную и летно-конструкторскую отработку ($i = 2$):

$$C_{2j}^* = \left\{ [C_{2j}^i(P_{2j}^*, P_{3j}, t_{np}) + \Delta C_{2j}^i(t_{np})] \frac{N_{2j}}{1 - L_{2j}(t_{np})} + C_{2j}^n(N_{2j}, t_{np}) \right\} \gamma_{2j}; \quad (6)$$

$$C_{2j}^i(P_{2j}^*, P_{3j}, t_{np}) = \bar{C}_{2j}^i(t_{np}) (1 - P_{2j}^*)^{-\beta_{2j}^*(t_{np})} (1 - P_{3j})^{-\beta_{2j}(t_{np})}; \quad (7)$$

$$C_{2j}^n(N_{2j}, t_{np}) = C_{2j}^n(t_{np}) \cdot N_{2j} \xi_{2j}. \quad (8)$$

3. Затраты на серийное производство КС ($i = 3$):

$$C_{3j}^* = \left\{ [C_{3j}^i(P_{3j}^*, P_{4j}, t_{np}) + \Delta C_{3j}^i(t_{np})] \frac{N_{3j}}{1 - L_{3j}(t_{np})} + C_{3j}^n(N_{3j}, t_{np}) \right\} \gamma_{3j}; \quad (9)$$

$$C_{3j}'(P_{3j}^*, P_{4j}, t_{np}) = \bar{C}_{3j}'(t_{np}) (1 - P_{3j}^*)^{-\beta_{3j}^*(t_{np})} (1 - P_{4j})^{-\beta_{3j}(t_{np})}; \quad (I0)$$

$$C_{3j}''(N_{3j}, t_{np}) = \bar{C}_{3j}''(t_{np}) \cdot N_{3j} \cdot \xi_{3j}; \quad (II)$$

$$N_{3j} = \psi_{3j} \cdot N_{4j}. \quad (I2)$$

4. Затраты на эксплуатацию КС ($i = 4$):

$$C_{4j}^*(N_{4j}, t_{np}) = C_9^*(t_{np}) \cdot T_{ок} \cdot \xi_{4j} \cdot N_{4j} \cdot \gamma_{4j}. \quad (I8)$$

Соотношения, определяющие функцию изменения надежности в процессе отработки j -ой подсистемы:

$$P_{2j}(T_{1j}, t_{np}) = 1 - \left(\frac{\bar{T}_{1j}(t_{np})}{T_{1j}} \right)^{\beta_{1j}(t_{np})} \cdot (1 - P_{1j}^*)^{-\frac{\beta_{1j}^*(t_{np})}{\beta_{1j}(t_{np})}}; \quad (I4)$$

$$T_{1j}'' \leq T_{1j} \leq T_H - T_9 - t_0 - t_{2j} - \sum_{i=1}^m \tau_{ij} T_{ij}; \quad (I5)$$

$$P_{2j}^*(N_{2j}, T_{2j}, t_{np}) = 1 - (1 - P_{2j}) e^{-\beta_{2j}^* T_{2j} - \beta_{2j}^{**} \xi_{2j} N_{2j}}; \quad (I6)$$

$$T_{2j} \geq \frac{-\beta_{2j}^*(t_{np})}{\beta_{2j}^*(t_{np})} \xi_{2j} N_{2j};$$

$$P_{3j}(T_{3j}, N_{3j}, t_{np}) = \frac{\sum_{K=1}^{N_{3j}(T_{3j})} e^{-\beta_{3j}^*(t_{np}) T_{3j}(K) - \beta_{3j}^{**}(t_{np}) \xi_{3j} \cdot K}}{\sum_{K=1}^{N_{3j}(T_{3j})} e^{-\beta_{3j}^*(t_{np}) T_{3j}(K) - \beta_{3j}^{**}(t_{np}) \xi_{3j} \cdot K}} \cdot \frac{N_{3j}(T_{3j}) (1 - \beta_{3j}^{*c})}{(17)}$$

$$T_{3j}(K) \geq \frac{-\beta_{3j}^{**}(t_{np})}{\beta_{3j}^*(t_{np})} \cdot \xi_{4j} \cdot K; \quad (I8)$$

$$T_{ij}(K) = A(\tau_{ij}^0, \tau_{ij}, N_{ij}) + B(\tau_{ij}^0, \tau_{ij}, N_{ij}) \cdot K ; \quad (19)$$

$$P_{ij} = P_{ij}^* e^{-\lambda_j \cdot \tau_{ij}} ; \quad P_{kc} = \prod P_{ij} ; \quad (20)$$

$$N_{ij} = Q_{ij} \cdot N_{kc} \quad (21)$$

Ограничения наложены на вероятность выполнения поставленной задачи

$$W_{kc} = 1 - (1 - P_{kc})^{N_{kc}} = W_{kc}^{зад} \quad (22)$$

и на длительность процесса разработки и создания космической системы

$$\sum_j \max_i \tau_{ij} \leq T_{зад}^{kc} \quad (23)$$

$$\text{Выше } L_{ij}(t_{np}), \beta_{ij}^*(t_{np}), \beta_{ij}(t_{np}), \Delta \bar{C}_{ij}(t_{np}), \bar{C}_{ij}^1(t_{np}), \\ C_{ij}^n(t_{np}), \beta_{ij}^*(t_{np}), \beta_{ij}^{**}(t_{np}) -$$

- значения коэффициентов, определенные к моменту реализации проекта t_{np} ; $\tau_{ij} = (1 + E)^{-t_{np}}$ - коэффициент дисконтирования.

Задача оптимизации надежности и программы формирования КС как задача математического программирования формируется следующим образом: требуется определить $\|P_{ij}^*\|, \|N_{ij}\|, \|\tau_{ij}\|_{\Sigma}$, при которых стоимость выполнения космической программы C_{kc} будет минимальна и выполняются дисциплинирующие условия (22-23). В качестве метода оптимизации используется случайный поиск с обучением.

В результате решения находится оптимальная программа формирования $\{C_{ij}^{opt}, \tau_{ij}^{opt}, N_{ij}^{opt}\}$ и надежность $\{P_{ij}^{opt}\}$ системы, создание которой планируется в будущем, к моменту t_{np} .

Л и т е р а т у р а

1. К.Э.Циолковский. Космические ракетные поезда (1929). В кн.: К.Э.Циолковский. Труды по ракетной технике. М., 1947, стр. 215-243.
 2. С.А.Саркисян, Э.С.Минаев. Экономическая оценка летательных аппаратов. М., 1972.
 3. Ю.В.Чуев, Г.П.Спехова. Технические задачи исследования операций. М., 1971.
 4. Проектирование и испытания баллистических ракет. Под ред. В.П. Варфоломеева и М.И.Копылова. М., 1970.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Надуга ТРУДЫ ДЕВЯТЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО
Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное
прогнозирование"

1974 г.

В.Д.Оноприенко, Б.И.Желтецкий

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБОБЩЕННЫХ ХАРАК-
ТЕРИСТИК СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

В период научного творчества Циолковского прогнозирование еще не сформировалось в самостоятельную научную дисциплину и ограничивалось, в основном, субъективными прогнозными оценками по отдельным направлениям техники. В настоящее время научно-техническое прогнозирование представляет собой одну из весьма распространенных и важных областей научной деятельности, располагающую широким набором методов и развитой методологией. Анализ научного творчества Циолковского с позиций современного состояния прогнозирования показывает, что Циолковский применял свой методологический подход к разработке облика перспективных технических систем, многие положения которого используются в настоящее время. Основные особенности этого подхода следующие:

1. Ярко выраженный целевой и комплексный характер прогнозирования с увязкой проработки технических систем с социальными и даже философскими вопросами их использования.
2. Тщательное изучение среды функционирования аппарата. Исследование влияния среды на облик аппарата и основные технические характеристики.
3. Прогнозирование отдельных технических характеристик аппарата на основе проектных проработок, во взаимосвязи с другими основными характеристиками.

Еще в 1894 г. в работе "Аэроплан или птицеподобная (авиационная) летательная машина" Циолковский проводит укрупненный проектный анализ самолета с учетом основных проектных характеристик (мощности двигателя, прогнозных характеристик, весовой сводки и т.п.)/1/. В более поздних работах/2-5/ Циолковский развивает методы проектного анализа перспективных технических систем, уделяя всегда боль-

ное внимание взаимосвязи определяющих технических параметров. Эти методы являются истоками современной теории оптимального проектирования и научно-технического прогнозирования.

Из многочисленных методов прогнозирования характеристик перспективных технических систем можно выделить две различные группы методов:

1. Методы, предполагающие прогнозирование характеристик на базе моделирования функционирования аппарата и его основных систем.
2. Методы, основанные на анализе развития аппаратов определенного типа с изучением изменения во времени основных характеристик в их взаимосвязи.

Поскольку при прогнозировании мы сталкиваемся со значительной долей неопределенности и любые методы имеют погрешности, то использование различных методов прогнозирования для определения одних и тех же характеристик может оказаться полезным для повышения надежности (достоверности) прогнозных оценок.

В работе /7/ была рассмотрена множественная корреляционная модель прогнозирования, построенная на базе метода итерационного определения преимущественной гипотезы формы связи целевой функции. Модель позволяет получить прогнозные характеристики отдельных частей космической системы.

В настоящем докладе предполагается модель прогнозирования обобщенных характеристик космических средств, которая является комбинацией итерационного метода и метода определения обобщенных характеристик на заданном или определяемом интервале времени.

Используя методику, изложенную в /7/, получаем основную характеристику космического аппарата:

$$G_{ка} = A_0 \frac{G_{пн}^{a_1} \cdot G_k^{a_2} \cdot T_m^{a_3}}{T_{пн}^{a_4} N_{\lambda 0}^{a_5}}, \quad (I)$$

где $G_{ка}$ - вес космического аппарата, кг;

$G_{пн}$ - вес полезной нагрузки КА, кг;

G_k - вес конструкции КА, кг;

T_m - лаг времени, т.е. количество лет между запуском первого КА этого класса и данного КА ;

$T_{пн}$ - продолжительность программы, годы;

$N_{\lambda 0}$ - количество летных образцов, создаваемых в рамках программы.

A_0 - эмпирический коэффициент.

Далее определяется интегральная стоимость программы, так как сумма составляющих элементов "жизненного цикла" космической системы равна:

$$C_{\Sigma п} = C_{нир} + C_{окр} + C_{соз} + C_{экс} + C_{пр} , \quad (2)$$

где $C_{\Sigma п}$ - интегральные затраты на программу;

$C_{нир}$ - суммарные затраты на НИР;

$C_{окр}$ - суммарные затраты на ОКР;

$C_{соз}$ - затраты на создание системы;

$C_{экс}$ - стоимость эксплуатации системы за T лет;

$C_{пр}$ - стоимость подготовки и обучения обслуживающего персонала и экипажей КА.

Для иллюстрации метода использованы технические и технико-экономические характеристики американских космических систем, приведенные в таблицах I и 2. После обработки их методом итерационного построения прогнозных уравнений /6/ получены следующие выражения для технико-экономических показателей этапов создания космических систем.

Стоимость НИР определяется формулой:

$$C_{нир} = 218,6 \frac{H_{орб}^{0,243} \cdot G_{пн}^{1,27}}{G_0^{0,619}} \quad R=0,942; \delta = \pm 19\% . \quad (3)$$

где $C_{нир}$ - суммарные затраты на НИР, млн.долл;

$H_{орб.}$ - высота орбиты, км;

$G_{пн}$ - вес полезной нагрузки кг;

G_0 - стартовый вес ракета-носителя, т.

Стоимость опытно-конструкторских работ определяется формулой:

$$C_{окр} = 3106,5 \exp \{ 0,00123 G_0 - 0,00276 H_{орб.} - 0,0146 G_{пн} \} , \quad (4)$$

$$R = 0,936; \delta = \pm 31\% .$$

Обозначения аналогичны уравнению (3).

Таблица I х/

Ракета- носитель	Аппарат	Стоимость программы, млн. долл.					Пуски, шт.		Время, годы		
		НИР	ОИР	Созда- ние и руков.	Эксплу- атация мар- ная	Сум- мар- ная	ЛИИ Эксплу- атация	Эксплу- ация	Начало	ЛИИ	Эксплуата- ция
1. "Скаут"	"Эксплорер"	II	107	21	32	171	6	66	1959	1963-1965	1964-1972
2. "Тор-Дельта"	"Эхо", "Синком"	33	480	120	36	669	4	49	1955	1957-1960	1960-1967
3. "Тор-Аджена"	"Дискаверер I" "ХХХУШ"; "Алуэтт"	45	540	140	84	809	6	140	1955	1956-1959	1959-1967
4. "Атлас-Аджена"	"Дунар орбитер", "Рейнджер"	210	2300	180	736	3426	9	92	1955	1956-1961	1960-1967
5. "Атлас-Кентавр"	"Интелсат-IV", "Сервейер"	230	3300	300	170	4000	11	14	1955	1957-1962	1960-1968
6. "Титан-П"	"Джемини"	250	3183	150	96	3679	2	10	1957рн 1961кк	1964-1966	1964-1966
7. "Титан-III C"	"Такомсат" "Викинг"	270	4073	180	260	4783	1	12	1961	1964-1969	1965-1973
8. "Сатурн-У"	"Аполлон"	2050	10750	4150	7050	24000	7	11	1961	1967-1972	1969-1972
9. "Сатурн-У" "Сатурн-I B"	"Аполлон" "Скайлаб"	230	2836 13586	210	1200	15336	2	4	1965	1973-1974	1973-1974

х/ Данные в таблицах I и 2 взяты из журналов: "Aviation Week",

"Flight" и "Astronautics and Aeronautics" за 1970-1974 гг.

Таблица 2

Ракета- носитель	Основные технические характеристики				
	G_0	$H_{орб.}$	G_n	Пуски, шт.	Стоимость
	т	км	т		образ, млн. долл.
1. "Скаут"	18	480	0,145	66	0.52
2. "Тор-Дельта"	56	480	0,430	49	0.6
3. "Тор-Аджена"	70	540	0,725	140	0.6
4. "Атлас-Аджена"	125.5	550	2.700	92	8.0
5. "Атлас-Кентавр"	137	550	3.85	14	12.0
6. "Титан-П-Джемини"	155	180	3.6	12	8.0
7. "Титан-ШС"	620	180	11.4	12	20.0
8. "Сатурн-Аполлон"	2914	190	130	11	450
9. "Сатурн-Скайлаб"	3335	435	90	4	300

Стоимость создания подсчитывается по уравнению:

$$C_{сзд.} = 36237,4 \frac{G_{nn}^{1,33} \cdot H_{орб.}^{0,038}}{G_o^{0,86}}, \quad R=0,960; \delta=\pm 20\%. \quad (5)$$

где $C_{сзд.}$ - затраты на создание системы;
 G_{nn} - вес полезной нагрузки носителя;
 G_o - стартовый вес ракета-носителя;
 $H_{орб.}$ - высота орбиты, км.

Стоимость эксплуатации определяем уравнением:

$$C_{экс} = C_{ка}^{экс} \cdot n_n \cdot T_{экс} \cdot K_n + C_o, \quad (6)$$

где $C_{ка}^{экс}$ - стоимость эксплуатации КА, млн.долл;
 n_n - число пусков в год;
 $T_{экс}$ - время эксплуатации КА;
 K_n - коэффициент учитывающий класс носителя;
 C_o - константа, независимая от числа пусков.

Исходя из технических характеристик, определяем общую продолжительность разработки и функционирования системы по формуле:

$$T_{nn} = 123,2 \frac{G_{nn}^{0,713} \cdot H_{орб.}^{0,112}}{G_o^{0,797}}, \quad (6a)$$

где T_{nn} - общее время реализации программы, годы.
 Остальные обозначения аналогичны уравнению (5).

Имея интегральные затраты на систему в целом и время разработки, определяем уравнения интегрального расходования средств на программу в течение T - периода:

$$f(T) = A_o \cdot C_{\Sigma n} \cdot \frac{T}{T_{акр}} \left(1 - \frac{T-1}{T_{акр}}\right)^2, \quad (7)$$

где $f(T)$ - интенсивность расходования средств в единицу времени T , годы;

$C_{\Sigma n}$ - интегральные затраты на космическую систему;

T - текущее время разработки, годы;

$T_{окр}$ - общая продолжительность разработки системы.

Выражение (7) наиболее полно в статистическом смысле отражает взаимосвязь входящих в него параметров. Оно получено путем сравнительного анализа базисного набора функций, служащих арсеналом предполагаемых гипотез форм связи, в который включены следующие аналитические зависимости:

$$f(T) = A_0 T^{\alpha_1} \cdot e^{\alpha_2}; \quad (8)$$

$$f(T) = A_0 T^{\alpha_1} \cdot e^{\alpha_2 T^2}; \quad (9)$$

$$f(T) = A_0 T^{\alpha_1} \cdot e^{\alpha_2 (e_1 T - e_1 \bar{T})^2}; \quad (10)$$

$$f(T) = A_0 T^{\alpha_1} \cdot e^{\alpha_2 (T - \bar{T})^2}; \quad (11)$$

$$f(T) = A_0 T^{\alpha_1} \cdot (T_p - T)^{\alpha_2}; \quad (12)$$

При определении рациональных значений эмпирических коэффициентов (A_0, α_1, α_2) были использованы статистические данные затрат по американским космическим системам.

Метод определения коэффициентов и уравнений продемонстрируем на примере так называемого β - распределения /5/.

В β - распределении коэффициенты A_0, α_1, α_2 связаны между собой соотношением:

$$\frac{A_0}{\alpha_1 + \alpha_2} = K, \quad (13)$$

где K - относительное положение момента максимальной интенсивности расходования средств.

$$K = \frac{T_{max}}{T_p}; \quad (14)$$

$$A_0 = \frac{C_{\Sigma n}^{(max)}}{(T_{max})^{\alpha_1 + \alpha_2} \cdot T_p^{\alpha_2}}. \quad (15)$$

Логарифмируя и подставляя в уравнения I4 и I5 получаем уравнение:

$$\ell_n C_{\Sigma n} = \ell_n C_{\Sigma n}^{(max)} + \alpha_1 P, \quad (I6)$$

где $C_{\Sigma n}^{(max)}$ - значение максимальной интенсивности расходования средств;

$$P = \ell_n \frac{T}{T_{окр}} - \ell_n K + \frac{1-K}{K} [\ell_n (1 - \frac{T}{T_{окр}}) - \ell_n (1-K)]. \quad (I7)$$

Из (I7) методом наименьших квадратов находим коэффициент α_1 , и, подставляя его в (I4) и (I5), находим коэффициенты A_0 и α_2 .

Путем нескольких итераций получаем математическую модель, определяющую динамику развития системы и темпы расходования средств на всем интервале развития ОКР.

Рассматриваемый метод позволяет укрупненно на этапе перспективного планирования проводить инженерные прогнозы продолжительности, интегральных затрат и темпов расходования средств при разработке ракетно-космических систем.

Литература

1. К.Э. Циолковский. Аэроплан или птицеподобная (авиационная) летательная машина. - В кн.: К.Э. Циолковский. Собр.соч., т. I. М., 1954, стр.40-73.
2. К.Э. Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1926). - В сб.: К.Э. Циолковский. Труды по космонавтике. М., 1967, стр.126-222.
3. К.Э. Циолковский. Космические ракетные поезда (1929). Там же, стр.246-277.
4. К.Э. Циолковский. Космическая ракета. Опытная подготовка (1927). Там же, стр.223-239.
5. К.Э. Циолковский. Труды о космической ракете 1903-1927 гг. (1928). Там же, стр.240-245.
6. Ю.В. Линник. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. М., 1962.
7. В.Д. Оноприенко, Б.И. Желтецкий. Корреляционная модель прогнозирования развития технических средств. - См. данный сборник, стр.66-76.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
ИМ. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга ТРУДЫ ДЕВЯТЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО 1974 г.
Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное
прогнозирование"

И.Н.Моисеев

К ВОПРОСУ ОБ ОСНОВНЫХ ЗАКОНАХ ТЕОРИИ ПРОЕКТИ-
РОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

К.Э.Циолковский оставил глубокий след в области проектирования летательных аппаратов. Во многих его работах /1/, наряду с вопросами теории летания, рассматриваются также вопросы проектирования летательных аппаратов. На эту сторону деятельности великого ученого неоднократно указывали в своих работах пионеры ракетной техники /2/ и авторы более поздних исторических исследований, например /3/. Существенным вкладом в теорию проектирования явился метод Циолковского, устанавливающий на основе формулы скорости ракеты взаимосвязь ее весовых и лётных характеристик. Этот метод получил свое развитие как в направлении совершенствования методики расчета лётных характеристик, так и в направлении создания современного аппарата параметрических проектных исследований, в частности в области анализа весовых характеристик летательных аппаратов. Действительно, от табличного представления весовых характеристик ракеты, свойственного Циолковскому, Ф.А.Цандер перешел к их графическому представлению /4/. М.К.Тихонравов придал формуле определения начального веса ракеты ее структурную форму /2, стр.586/, которая в современных обозначениях имеет вид:

$$G_0 = \frac{C_1}{C_2 - (1 - M_K) C_3 - C_4 P_{\text{уд}}},$$

где

C_1, C_2, C_3, C_4 - коэффициенты весового анализа;

$M_K = \frac{G_K}{G_0}$ - относительный конечный вес ракеты;

$P_{\text{уд}}$ - удельная тяга ракетного двигателя.

В дальнейшем усилия направлялись на функциональное выражение отдельных составляющих вышеприведенной формулы весового анализа и на получение так называемого уравнения весового анализа, которое связывает в параметрическом виде начальный вес непосредственно с относительным конечным весом летательного аппарата.

В первом случае сошлемся на В.Ф.Болховитинова /5/, который рассмотрел взаимодействие объектов производства различной природы, образующих летательный аппарат как систему с точки зрения условия существования, применения и производства рассматриваемого аппарата в целом. Условия существования определяют реально осуществимый комплекс свойств отдельного объекта. Для того, чтобы оперировать различными свойствами в едином выражении, допускается, что "каждое из свойств пропорционально массе вещества, которой были приданы формы, обеспечившие возникновение и существование этого свойства. Коэффициент же пропорциональности выражает уровень техники, соответствующий рассматриваемому времени. Таким образом, эквивалентом количества рассматриваемого свойства является та масса вещества, которая подвергалась формированию" /5, стр.7/. Если воспользоваться таким приемом, то можно массу летательного аппарата выразить количественно через комплекс его свойств. Так, например, если воспользоваться уравнением баланса весов $G_0 = G_{пл} + G_{дв} + G_T + G_{пн}$, выразить слагаемые веса через соответствующие свойства, то получим уравнение, связывающее вес летательного аппарата с его свойствами. Действительно, представив слагаемые начального веса в виде функций собственных параметров

$$G_{пл} = F(G_0, \lambda_{пл}), G_{дв} = \Phi(G_0, \lambda_{дв}), G_T = \Psi(G_0, \lambda_T), G_{пн} = Q(G_0, \lambda_{пн}),$$

получим уравнение существования, смысл которого "заключается в том, что любое интересующее нас качество самолета обязательно будем связывать с массой, определяющей условие существования этого качества в необходимом нам количестве" /5, стр.9/. Вышеупомянутое уравнение весового анализа было предложено автором в 1962 г.

В частности, для летательного аппарата с активной теплозащитой /6/ уравнение весового анализа получается из совместного решения формулы весового анализа

$$G_0 = \frac{G_{пн} + K_{co} + S_{бок}}{1 - \mu_{\Delta}}$$

и уравнения баланса объемов

$$(G_{корп} + K_{тв} \bar{F}_{тв}^{3/2}) S_{бок} - \bar{V}_{тв} S_{бок} - V_{\Delta} = 0,$$

$$K_{co} = (1 + a_{тв} + a_{тв}) (1 - \mu_k) + \bar{G}_{дв} + g_{тв},$$

$$M_{\Delta} = M_{ш} + M_{ny}, \quad M_i = \frac{G_i}{G_0}, \quad i = ш, ny;$$

$$\bar{G}_{gy} = \frac{G_{ay}}{G_0},$$

$$a_j = \frac{G_j}{G_r}, \quad j = \tau z, \tau \delta,$$

где $\bar{F}_{\tau y} = \frac{F_{\tau y}}{S_{бок}}$ - относительная поверхность теплообмена высокотемпературного теплообменника (ТУ);

$$\bar{V}_{\tau z} = \frac{V_{\tau z}}{S_{бок}} = \frac{(1+a_{\tau z})(1-M_k)}{\gamma_r} - \text{относительный объем заправленного топлива};$$

$$V_{\Delta} = V_{nn} + V_{cy} + \Delta V_{корп};$$

$$g_{\tau z} = \frac{G_{\tau z}}{S_{бок}} - \text{коэффициенты, характеризующие геометрические свойства корпуса, ТУ и компоновочные "запасы" объемов};$$

$$g_{\tau z} = \frac{G_{\tau z}}{S_{бок}} - \text{относительный вес системы активной теплозащиты};$$

$$S_{бок} - \text{боковая поверхность корпуса, (ш - шасси)};$$

$$H_y - \text{явно неучитываемые детали};$$

$$C_y - \text{система управления}$$

и т.д.

Использование уравнения весового анализа совместно с системой уравнений ("физическими законами"), определяющей управляемое движение объекта в фазовом пространстве, позволило поставить, а в ряде случаев решить задачу оптимального проектирования в условиях однокритериальной оценки летательного аппарата (по стартовому весу).

Так, например, очевидно, что с математической точки зрения задача создания оптимального летательного аппарата (ЛА) является задачей оптимизации многопараметрической системы с большим количеством связей, описываемых различными типами уравнений. Параметры такой системы в качестве числовых констант C_j и функций $f_i(\bar{z}_i)$ связаны "уравнением компоновки" $F_i(\bar{C}, \bar{f}) \leq 0$, причем часть пара-

метров C_j и лётных данных x_i входят в лётно-тактические требования $F_k(\bar{c}, \bar{x}) \leq 0$. К уравнению компоновки и лётно-тактическим требованиям присоединяются:

а) физические законы $F_3 + F_7$, которым должен удовлетворять ЛА;

б) ограничения $\Phi_j(\bar{c}, \bar{x}, \dots) = 0$, которым должен удовлетворять ЛА и его элементы. Уравнения F_k и Φ_j имеют номера от (I.3) до (I.10). Задача оптимального проектирования летательного аппарата состоит в том, чтобы найти такие значения параметров C_j , функций $f_i(\bar{z}_i)$ и управляющих функций $\bar{u}(\tau)$, при наличии связей, ограничений (I.3) - (I.10), которые бы обеспечили экстремальные значения некоторому критерию эффективности, предъявляемому к данному летательному аппарату $\mathcal{E} = \text{ext} \mathcal{E}(\bar{c}, \bar{f}, \bar{x}, \bar{u}, \dots)$. Заслуживает внимания попытка введения в практику проектирования понятия "уравнения компоновки", более полного, чем "уравнение существования", сделанная, например, в работе Е.В.Тарасова "Алгоритм оптимального проектирования летательного аппарата" /7/.

В этом исследовании летательный аппарат характеризуется общей совокупностью параметров: проектными параметрами, расчетными нагрузками, расчетными напряжениями, функциями управления и фазовыми координатами. Выбор параметров производится путем количественной оценки критерия эффективности в виде функции $\mathcal{E} = \mathcal{E}(x_k, G_{nn}, G_o)$, где x_k - вектор фазовых координат в конечной точке траектории, с помощью "проектного уравнения", которое может быть сведено к уравнению существования. Решение M_{ng}^* проектного уравнения позволяет определить функцию $\mathcal{E} = \mathcal{E}(x_k, M_{ng}^*)$, где фазовые координаты определяются при заданных функциях управления d, z, λ, ω , граничных условиях, уравнениях связи и ограничениях. При этом задача оптимального проектирования формулируется следующим образом: среди допустимых значений вектора фазового состояния x и функций управления d, z, λ, ω , вектора расчетного напряжения $\bar{\sigma}^p$, вектора прочности $\bar{\sigma}$, удовлетворяющих граничным условиям, уравнениям связи и ограничениям найти такие их значения, при которых критерий эффективности $\mathcal{E} = \mathcal{E}(V_k, H_k, L_k, Q_k, M_{ng}^*)$ достигнет точной верхней границы. Как видим, задача относится к вариационным проблемам. К сожалению, вновь не определены условия применимости и значения "проектного уравнения". Кроме того, отвергается возможность многокритериальной оценки: "Существует много различных критериев,-

- пишет Е.В.Тарасов, - характеризующих в той или иной степени совершенство летательного аппарата. Однако количественную оценку основной цели проектирования можно выразить только каким-либо одним критерием ... эффективности" /7, стр.3/. Это же положение утверждается и в ряде более поздних работ, например /8/. Между тем многокритериальная оценка позволяет рассмотреть вопрос о "полезности" объекта и в целом построить процесс проектирования на последовательно диалектических основах. Такой подход, основанный на использовании диалектической логики, вместе с тем определяет место и взаимосвязь основных понятий теории проектирования. Последовательно рассмотрим три стороны данной проблемы:

- I. О необходимой связи конкретной науки и философии.
- II. Определение теории и объекта проектирования в рамках научного познания.
- III. О законах теории проектирования, адекватных основным категориям материалистической диалектики.

I. Необходимость связи конкретной науки и философии вытекает из самой структуры научного познания, включающей по Энгельсу три взаимосвязанных, но различных элемента: обыденное познание, философское познание и естествознание. К сожалению, эти фундаментальные положения далеко не всегда используются на практике. Среди причин подобного явления можно указать недостаточное понимание того факта, что проектирование моделирует развитие.

II. Это обстоятельство является отражением того неопровержимого факта, что проектирование есть начальная стадия производства, на которой создается идеальный образ (модель) объекта, то есть разрабатывается проектно-техническая документация. При этом объект проектирования должен удовлетворять требованиям "общества", которые формулируются "экспертами" в качестве тактико-технических требований (ТТТ) к "облику" объекта, то есть к его наиболее существенным качественным и количественным сторонам, в их единстве и взаимобусловленности. Для этой цели ниже используется понятие "меры". Сущность объекта определяется множеством проектных параметров $\{\lambda_{\epsilon}\}$ то есть точкой в пространстве проектных параметров Λ_{Σ} . В этой связи можно говорить об областях пространства Λ_{Σ} , в которых существуют качественно одинаковые объекты с различными количественными характеристиками. Количественные определенности объекта выражаются по формуле критерия эффективности

$$\mathcal{E}_{\omega} = \mathcal{E}_{\omega}(\lambda_{\epsilon}) \quad \dots \quad (I)$$

$$\epsilon = \lambda, \dots, \Sigma; \omega = \lambda, \dots, U.$$

Качественная определенность является инвариантом A_m в некоторой замкнутой области Λ_m пространства Λ_Σ , то есть величиной, независимой от выбора координат точек этой области. Поэтому математическое условие сохранения качественных определенностей объекта при движении в пространстве Λ_Σ можно представить в виде совокупности некоторых функций $B_m(\lambda_\varepsilon)$ проектных параметров, удовлетворяющих условиям

$$A_{m,min}(\mu) \leq B_m(\lambda_\varepsilon) \leq A_{m,max}(\mu) \dots (2)$$

$m = \lambda, \dots, \Omega$; $\varepsilon = \lambda, \dots, \Sigma$, где μ - независимая переменная (время) процесса движения. Условия (2) называются "инвариантными требованиями". Поскольку мера в проектировании должна проявляться как категория, определяющая границы, в которых количественно меняющийся объект качественно не изменяется, то она находит свое выражение здесь в единстве и взаимообусловленности формулы критерия эффективности (1) и инвариантных требований (2). Именно (1) с учетом (2) можно определить как "уравнение компоновки", решение которого выражает процесс, протекающий в пространстве проектирования. Очевидно, что решение одного из $\cup$ уравнений компоновки при вариации начальных данных определяет движение объекта в пределах замкнутой области Λ_m , фиксированной инвариантными требованиями A_m , то есть - эволюцию в развитии. Однако развитие более полно, поскольку оно сопровождается скачками, обусловленными изменением "общественного мнения", то есть изменением инвариантных требований

$A_m^{(K)}$, $K = \lambda, \dots, K$, где K есть число изменений (переходов, узлов) в Ω инвариантных требованиях. В этом случае развитие выступает как движение в пространстве Λ_Σ , сопровождающееся скачками при переходе из одной области $\Lambda_m^{(K)}$ в другую область $\Lambda_m^{(K+1)}$. Следовательно, развитие объекта проектирования, в некотором историческом аспекте, заключается в ряде переходов (узлов) от одной меры к другой, образующих узловую линию меры. Как известно, этой проблемой в целом занимается теория прогнозирования, охватывающая вопросы формирования ТТТ, в то время как теория проектирования, в ее классическом смысле, занимается лишь эволюцией развития объекта проектирования. В этой связи "классическая" теория проектирования предстает перед нами в качестве нижнего уровня теории прогнозирования, как более общей теории, возможно

включающей и социальные аспекты. Таким образом, объект проектирования следует определять в развитии, как идеальный образ объекта производства, удовлетворяющий ТТТ, формирующим облик, как некоторую сущность, несущую заданную информацию, характеризуемый мерами на узловой линии мер, проявляющимися в единстве и взаимобусловленности количественных (критерии эффективности) и качественных (инвариантные требования) сторон (определенностей). Оба сформулированные основные понятия по существу объединяются в понятии процесса проектирования, моделирующего развитие идеального образа объекта производства. Однако при этом возникает вопрос об основных закономерностях такого моделирования, то есть - об Основных Законах теории (оптимального) проектирования. Этот недостаточно разработанный на практике вопрос выясняется следующим образом.

III. Поскольку развитие - это прежде всего движение в определенном направлении, преимущественно по восходящей линии, то моделирование этого развития, реализуемое в процессе проектирования, сводится к выбору оптимальной компоновки и определению соответствующей оптимальной совокупности проектных параметров, на которой система критериев эффективности достигает своего экстремального значения. Именно в этом состоит важнейшая особенность проектирования, выделяющая эту научную дисциплину в ряду конкретных наук и указывающая единственно правильный путь формирования данного конкретного научного познания, который заключается в использовании основных категорий материалистической диалектики как всеобщего учения о развитии для вывода Основных Законов теории проектирования как учения о развитии идеального образа объекта производства. При этом Основные категории предопределяют существо Основных Законов, в то время как их форма зависит от особенностей проектирования как научной дисциплины. Исходя из этих положений, мы приходим к следующим результатам.

Первый закон ("Уравнение компоновки"). Выражения (1) и (2), справедливые при заданных ТТТ, определяют лишь эволюцию облика объекта в процессе проектирования. При этом осуществляется поиск оптимального облика. В этой связи уравнение компоновки в форме (1) и (2), как было отмечено В.П.Макеевым, выражает лишь "закон сохранения меры объекта проектирования". Для того, чтобы преодолеть эту ограниченность, следует рассматривать меру объекта в развитии, как единство и взаимобусловленность формулы критерия эффективно-

сти (I), определяющей количественную определенность и инвариантно-го требования, определяющего качественную определенность объекта, но с учетом (скачкообразного) изменения ТТТ:

$$A_{m.min}^{(K)}(M) \leq B_m^{(K)}(\lambda_\varepsilon) \leq A_{m.max}^{(K)}(M), \dots \quad (2^I)$$

$$K = \lambda, \dots, K; \varepsilon = \lambda, \dots, \Sigma; m = \lambda, \dots, \Omega.$$

В дальнейшем условимся (I) и (2) называть "уравнением сохранения мер", в то время как за уравнением компоновки (меры) в развитии (I) и (2^I) сохраним название уравнения компоновки. Решение уравнения компоновки является сложным процессом, который выявляет как характер развития, так и форму перехода к новым мерам. В этой связи уравнение компоновки следует отнести к законам проектирования. Существенным при этом является то, что оно выражает взаимодействие, взаимопроникновение количественных и качественных определенностей объекта и именно в этом проявляется свойство адекватности этого закона проектирования всеобщему закону перехода количественных изменений в коренные качественные изменения. Поэтому уравнение компоновки можно определить как Первый Закон теории проектирования в следующей формулировке:

Первый Закон ("Уравнение компоновки") выражает зависимость (I) критериев эффективности $\mathcal{E}_\omega$, $\omega = I, \dots, V$ от общей совокупности проектных параметров, удовлетворяющей инвариантным требованиям (2^I), характеризующую проектный процесс (алгоритм) и определяющую форму перехода количественных изменений в коренные, качественные изменения (облика) объекта проектирования в развитии. В настоящее время осваивается методика решения уравнения сохранения меры.

Второй Закон ("Уравнение экспертизы"). Основным вопросом организации процесса проектирования является вопрос об источнике развития объекта. Как известно, основным источником всякого развития является внутреннее противоречие, выступающее как единство и борьба внутренне обусловленных неравнозначных противоположностей. Противоположностями объекта проектирования являются критерии эффективности. Система критериев эффективности формируется экспертами при разработке ТТТ. Можно представить себе, что эта процедура заключается в определении как состава, так и сравнительной оценки критериев эффективности, на основе опроса индивидуальных мнений, образующих общественное мнение об объекте проектирования для нас (кри-

терий практики). Допустим, что мы можем: использовать методику многобалльной системы оценок, разделить критерии эффективности по степени важности, определить балл оценки критерия эффективности и характер его изменения в процессе проектирования. Таким образом, в результате экспертизы оказываются известными следующие зависимости относительных баллов оценок

$$\bar{B}_{\omega} = \frac{B_{\omega}}{B_{\omega, \max}} = \bar{B}_{\omega}(\vartheta_{\omega} a_{\omega i}), \quad \bar{B}_{\omega, G_0} = \frac{B_{\omega, \max}}{B_{G_0, \max}} = \bar{B}_{\omega, G_0}(\omega),$$

где $a_{\omega i}, i = \lambda, \dots, \mathcal{I}$ - коэффициенты, характеризующие процедуру экспертизы;

$B_{\omega}, B_{\omega, \max}$ - текущий и максимальный балл оценки ϑ_{ω} ;

$B_{G_0, \max}$ - максимальный балл оценки "главного" критерия эффективности G_0 , выбор которого обусловлен процедурой ранжирования критериев эффективности совокупности (ϑ_{ω}). Тогда результаты экспертизы можно представить в виде "Уравнения экспертизы":

$$\bar{B}_{\Sigma}^{(K)} = \sum_{\omega=1}^{\mathcal{I}} \bar{B}_{\omega, G_0}^{(K)} \bar{B}_{\Sigma}^{(K)} = \bar{B}_{\Sigma}^{(K)}(\vartheta_{\omega}, a_{\omega i}), \dots \dots \dots (3)$$

$$\vartheta_{\omega, \min} \leq \vartheta_{\omega} \leq \vartheta_{\omega, \max}, \dots \dots \dots (4)$$

то есть в виде параметрической зависимости суммарного относительного балла оценки от критериев эффективности, которые в свою очередь определяются частными уравнениями компоновки (1), (2^I) с учетом возможных ограничений (4).

Рассмотренная процедура опирается на результаты данной конкретной науки и вместе с тем исходит из объективности системы критериев эффективности как единства и борьбы противоположностей. Отсюда следует, что Второй Закон ("Уравнение экспертизы") теории проектирования выражает зависимость относительного суммарного балла оценки (3) совокупности существенных критериев эффективности, в их единстве и борьбе как противоположностей, удовлетворяющих ограничениям (4), и ядра проектного процесса, от общей совокупности проектных параметров, удовлетворяющей инвариантным требованиям (2^I) и определяющей облик объекта проектирования в развитии.

Третий Закон ("Уравнение экстремума"). Обращаясь к уравнению экспертизы (3) и его общему решению, замечаем, что цель проектирования заключается в достижении экстремумов функции (3). В современной теории проектирования эта задача пока сводится к попыткам формализации поиска экстремума главного критерия, без учета инвариантных требований (2^I). Однако и в такой ограниченной постановке обнаруживаются особенности процесса оптимального проектирования, которые заключаются в диалектике поиска экстремума. В этой связи Третий Закон проектирования проявляется как Закон отрицания, выражающий поступательный характер развития, форму и особенности связи "отмирающего старого с нарождающимся новым". Действительно, диалектическое отрицание ... "как раз и есть (рассматриваемое со стороны формы) движущее начало всякого развития..." /9, стр.640/.

Вторая же компонента всеобщего Закона - отрицание отрицания - выражает развитие путем противоречий. Что касается способа и формы проявления Закона, то они определяются природой процесса. Следовательно, согласно закону отрицания отрицания цепь взаимосвязанных отрицаний выражает процесс, а двойное отрицание - направление развития. С другой стороны замечаем, что задача оптимального проектирования состоит в определении (поиске) такой общей совокупности проектных параметров (λ_{ϵ}), удовлетворяющей (2^I), при которой относительный суммарный балл оценки (3) совокупности критериев эффективности, определяемых по уравнению компоновки (1), (2^I) и удовлетворяющим (4), достигал бы максимума. Это условие, записываемое в форме:

$$\epsilon = \text{ext}_{\bar{B}_{\Sigma}} (\bar{a}_{\omega}, a_{\omega i}) \dots \dots \dots (5)$$

назовем "уравнением экстремума".

Как уже указывалось ранее, при проектировании на теоретическом уровне происходит моделирование развития. Этот факт выражается Третьим Законом теории проектирования в следующей формулировке:

Третий Закон ("Уравнение экстремума") выражает поиск экстремума (5) относительного суммарного балла оценки (3) совокупности (существенных) критериев эффективности, удовлетворяющих условию (4) и определенных по уравнению компоновки (1), (2^I) в единстве и борьбе как функции общей совокупности проектных параметров, удовлетворяющей инвариантным требованиям (2^I) и ограничениям

$$(\lambda_{\epsilon, \min})_{\text{дон}} \leq \lambda_{\epsilon, \text{дон}} \leq (\lambda_{\epsilon, \max})_{\text{дон}} \dots \dots \dots (6)$$

и определяющей оптимальный облик объекта проектирования как (изображающей) точки в допустимой области Σ - мерного пространства проектных параметров.

В заключение отметим, что вышеопределенные уравнения образуют теоретический базис данной конкретной науки. Совместное использование основных законов теории проектирования, знаменующее более высокий уровень проектирования, является первоочередной задачей ближайшего будущего.

Л и т е р а т у р а

1. К.Э.Циолковский. Избранные труды. М., 1962.
 2. Пионеры ракетной техники. В.П.Ветчинкин, В.П.Глушко, С.П.Королев, М.К.Тихонравов. Избранные труды (1929-1945 гг.). М., 1972.
 3. А.А.Космодемьянский. К.Э.Циолковский - его жизнь и работы по ракетной технике. М., 1960.
 4. Ф.А.Цандер. Проблема полета при помощи ракетных аппаратов. М., 1947.
 5. В.Ф.Болховитинов. Пути развития летательных аппаратов. М., 1962.
 6. И.Н.Моисеев. Комплексное использование металлических горючих. - "Труды II Чтений Ф.А.Цандера". Секция "Теория и конструкция двигателей". М., 1974, стр.108-118.
 7. Е.В.Тарасов. Алгоритм оптимального проектирования летательного аппарата. М., 1970.
 8. А.А.Бадягин, С.М.Егер, В.Ф.Мишин и др. Проектирование самолетов. М., 1972.
 9. Ф.Энгельс. Материалы к "Анти-Дюрингу". - В кн.: К.Маркс, Ф.Энгельс. Собр.соч., изд.2, т.20. М., 1961, стр.627-654.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
ИМ. К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ ДЕВЯТЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1974 г.
--------	---	---------

А.В.Гонтарь

ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВАЖНОСТИ ЦЕЛЕЙ
КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

К.Э.Циолковский предсказывал: "Человечество не останется вечно на Земле, но, в погоне за светом и пространством, сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство" /I, стр.4/.

Полет Ю.А.Гагарина и все последующие полеты показали, что предвидение основоположника космонавтики становится делом не столь отдаленного будущего. Человек уже начал обживать окружающий нашу планету космический мир.

Выход человека за пределы Земли особенно остро ставит проблему выбора целей деятельности и последовательности их осуществления. На первом этапе встанут вопросы проведения научных фундаментальных исследований по изучению новых областей космоса, а также вопросы научно-технических прикладных исследований относительно аспектов существования человека в новых условиях, обеспечение разработок космической техники и ее совершенствования.

В частности, для выхода в космос необходимо изучить возможности выживания человека, животных и растений в космическом пространстве. Возникает проблема выбора: воздействие каких факторов космического полета на человека необходимо в первую очередь исследовать, какие формы жизни человек возьмет с собой, какие условия необходимо создать на КК для того, чтобы нормально жить и работать в космосе? Все эти проблемы встанут перед исследователями космоса не только как таковые, они нуждаются еще в сопоставлении по важности, так как ограниченность ресурсов не позволяет в равной мере уделять внимание всем проблемам изучения космического пространства.

Практика показывает, что решить задачу оценки важности разнородных целей без участия человека-эксперта, к сожалению, пока не

представляется возможным. Однако направлением здесь, как и во всех других областях познавательной деятельности человека, является все большая формализация работы эксперта, выделение признаков, существенно влияющих на важность того или иного исследования, формирование моделей деятельности человека, как инструмента измерения важности.

Имеющиеся в настоящее время методы количественной оценки важности целей (типа ПАТТЕРН) все-таки в большой степени опираются на субъективное мнение эксперта, от которого требуется ответить не только на вопрос "что важнее?", но и попытаться дать количественную оценку меры важности. В данной работе делается попытка исключить экспертный опрос на этапе присвоения элементам количественных оценок. Задача экспертов считается выполненной, если им удалось составить ранжированный по важности список элементов-целей.

Пусть имеется иерархическая структура целей (ИСЦ), на первом высшем уровне которой находится элемент-метацель, на втором - элементы, находящиеся в отношении включения к метацели, и т.д. В итоге N элементов располагаются на n уровнях. Подобные структуры (системы с информационными связями: наука, язык, система публикаций) широко исследуются во многих областях науки. Установлено, что хотя иерархические системы в большой степени специфичны, тем не менее их наиболее общие свойства являются общими. Так, число элементов на иерархических уровнях должно расти по экспоненте при переходе от верхнего уровня к нижним / 3; 4; 5; 6/, т.е. в процессе декомпозиции иерархической системы каждый элемент связан в среднем с 3-мя элементами нижестоящего уровня. Любой элемент более высокого уровня информативнее, чем элемент более низкого уровня. Информативность в нашем понимании, как и в /5/, есть совокупность свойств, которая определяет место элемента в иерархии. Примем, что величина информационного потока, порождаемого элементом иерархической системы, является его мерой важности, поскольку наша иерархическая структура целей - это, в сущности, информационная модель науки, например, космической биологии и медицины.

Важность исследования какой-либо проблемы есть понятие многокачественное, для оценки важности привлекаются такие критерии, как: вклад в фундаментальную науку, пригодность для практических целей и т.п. Всем этим качествам, часто имеющим противоречивый характер, соответствуют количественные ряды, в которых числа, их составляющие, представляют собой величины показателей, характе-

ризующих в какой-то степени важность отдельных проблем, например: числе публикаций в каждой области, количества ученых, уровни ассигнований. Нередко среди таких рядов можно выделить наиболее существенный, наиболее точно отражающий относительную важность сравниваемых проблем. Как правило такой ряд получается не простым измерением, а статистическим сопоставлением с прошлым опытом /2/. Определению важности решения некоторой новой научной задачи предшествует анализ уже проведенных в родственных областях исследований.

В указанных выше работах по анализу иерархических систем, в которых циркулируют потоки информации, отстаивается принцип соответствия между "семантической информативностью" элемента системы (что для нас адекватно понятию "важность") и частотой проявления наиболее существенного признака элемента /3; 4; 5/. В некоторых случаях возможно выделить этот существенный количественный ряд. Например, если речь идет об отраслях техники, то в данный момент важнее та отрасль, которая имеет большее число выданных патентов. Иными словами, упорядочив отрасли по частоте выданных патентов, мы упорядочим их по важности. Известные в различных областях человеческой деятельности ряды такого типа, как правило, подчиняются следующей статистической закономерности /3; 5/:

$$J_i = C/R_i^{\gamma}, \quad (1)$$

- где J_i - важность i -того элемента иерархии;
 C - постоянная, равная "информативности" высшего элемента;
 R_i - ранг элемента в ряду транзитивности, т.е. в последовательности, полученной при развертывании по уровням и в порядке убывания "информативности" элементов иерархической системы;
 γ - коэффициент, характеризующий степень убывания "информативности" (в работе /3/ $\gamma = 1$).

Функция (1) аппроксимирует ступенчатую зависимость, причем число ступеней n , являющихся уровнями ИСД, как уже указывалось, связано с общим числом элементов соотношением:

$$n \approx \ln N. \quad (2)$$

Для определения количественных оценок относительной важности элементов-целей предлагается использовать модель (1), для которой исходной информацией является упомянутый выше ряд транзитивности иерархической структуры целей.

Следует отметить, что космическая биология является быстро-развивающейся областью науки, ее абсолютная важность увеличивается с ростом числа проблем, подлежащих разрешению. Следовательно, важность элемента-метацели не может быть постоянной величиной (как в модели (I)), но возрастает с ростом числа элементов N . Итак:

$$C = f(N).$$

Поскольку декомпозиция производится в соответствии с основанием натуральных логарифмов e , за единицу "информации" следует выбрать не бит, а натуральную единицу - нит /4/. Принимая ~~последний~~ по важности элемент иерархической структуры за 1 нит, т.е. $\mathcal{I}_N = 1$, из соотношения (I) получим:

$$C = N^\gamma.$$

Таким образом, можно количественно определить "информативность", т.е. важность i - того элемента ряда, как:

$$\mathcal{I}_i = N^\gamma / R_i^\gamma. \quad (3)$$

Естественно стремиться к тому, чтобы получить в ИСЦ максимальный поток "информации". Из этих соображений можно определить параметр γ /5/. Суммируя "информативности" всех элементов, получим:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{i=N} \mathcal{I}_i = N^\gamma \sum_{i=1}^{i=N} 1/R_i^\gamma \approx N^\gamma / (\gamma - 1),$$

так как $1 + 1/1^\gamma + 1/2^\gamma + \dots + 1/N^\gamma \approx 1/(\gamma - 1)$.

Дифференцируя Φ по γ , найдем максимум Φ , который обеспечивается при:

$$\gamma = 1 + 1/eN. \quad (4)$$

С помощью соотношений (2,3,4) можно, имея ранжированный список научных задач, построить полную иерархическую структуру целей и оценить вес ее элементов. Для примера была проведена оценка важности элементов одного из возможных вариантов дерева медико-биологических исследований в космическом пространстве. Дерево содержало 264 элемента, из них на низшем уровне 180 элементов, и имело 5 уровней, что соответствует (2). При использо-

вании метода ПАТТЕРН были получены оценки важности всех элементов иерархической структуры целей. На рис. I пунктирной линией изображена зависимость важности элементов от их номеров в ряду транзитивности. Аналогичная зависимость, но полученная расчетным путем в соответствии с изложенной теорией, представлена на рисунке сплошной линией. Для сравнения обе кривые были отнормированы по их собственной суммарной "информативности".

Расчетные параметры распределения (3)

$$\gamma_p \approx 1.18, C_p \approx 700$$

Аппроксимация

"экспертной" кривой

по методу средних

дала такие параметры:

$$\gamma_s \approx 1.17, C_s \approx 600$$

Сходство кривых

(рис. I) оценивалось

по величине среднего

отклонения важности

элементов:

$$G = \sum_{i=1}^{i=N} |j_{gi} - j_{pi}| / \sum_{i=1}^{i=N} j_{gi},$$

которое составило

около 10%, что явля-

ется удовлетворитель-

ным расхождением для

подобных расчетов.

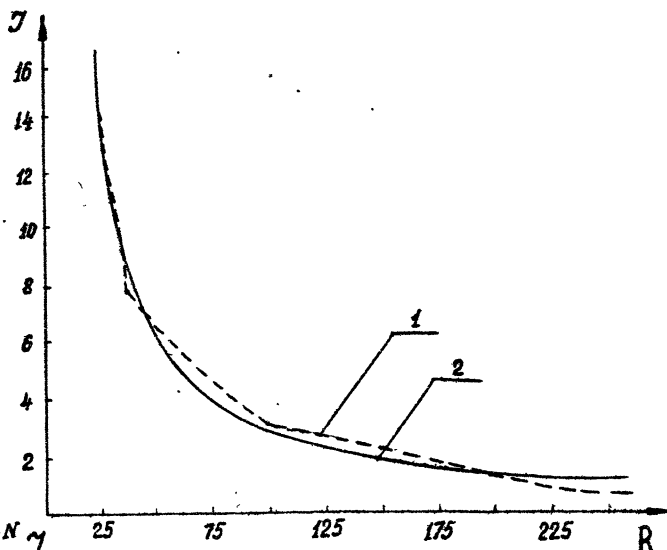


Рис. I

Полученные экспертным и расчетным способами оценки важности медико-биологических задач в качестве примера были использованы для анализа эффективности программы медицинских и биологических экспериментов, проведенных на американской орбитальной станции "Скайлэб". Программа содержала 86 задач из перечисленных в вышеупомянутом дереве. Эффективность программы в первом приближении определялась как суммарная важность включенных в программу задач. По расчетам автора, разница в оценках эффективности составила менее 10%, что также можно считать удовлетворительным при сравнительном анализе.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет сделать процесс определения важности целей более объективным, так как требует от экспертов лишь оценок типа транзитивности элементов ИС и предъявляет определенные дисциплинирующие требования к структуре иерархического дерева целей. Так, число уровней дерева целей зависит от общего количества элементов в нем, а каждый элемент оптимально организованного дерева связан с тремя элементами нижестоящего уровня. В то же время следует сделать вывод о том, что результаты, полученные по обычному экспертному методу (типа ПАТТЕРН), практически совпадают (с точностью до 10 %) с оценками, полученными с помощью предлагаемой методики.

Л и т е р а т у р а

1. К.Э. Циолковский. Собр. соч., т. 2. М., 1954.
 2. Ю.П. Трусов, В.А. Ласточкин. Расщепление меры и прогнозирование качественного скачка. - В сб.: Науковедение. Прогнозирование. Информатика. Киев, 1970, стр. 328-337.
 3. Л.А. Хурсин. О сущности информационных потоков как отражении динамической структуры вещественной основы кратковременной памяти человеческого мозга. - В сб.: Научно-техническая информация. Серия 2. М., 1970, № 9, стр. 10-19.
 4. Л.А. Хурсин. Связанная информация общественной системы (статика). - "Материалы по науковедению", вып. I, Киев, 1969, стр. 3-34.
 5. Л.С. Козачков. Некоторые интегральные свойства информационных систем иерархического типа. - "Кибернетика", 1973, № 1, стр. 139-148.
 6. Ю.И. Левин. О некоторых экстремальных задачах, связанных со структурой научного коллектива. - В сб.: Системные исследования. Ежегодник. М., 1972, стр. 24-29.
-

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ
им.К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО

Калуга	ТРУДЫ ДЕВЯТЫХ ЧТЕНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО Симпозиум "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	1974 г.
--------	---	---------

В.Д.Иванов, В.В.Климочкин, М.Х.Харатьян

ЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО ДЛЯ
ВСКРЫТИЯ СУЩНОСТИ ЭНЕРГО-МАССООБМЕНА В ПРИ-
РОДЕ И ТЕХНИКЕ

При всей многогранности и широте исследований К.Э.Циолковского в наше время наибольшую известность и практическую реализацию получили его работы в области космических полетов, в то время как другие стороны его творчества, к которым, в частности, относятся изыскания в области энерго-массообмена, мало известны широкой общественности, и им посвящено весьма скромное количество работ.

Проблема энерго-массообмена является одной из фундаментальных проблем науки. Она определяет основные закономерности на всех уровнях организации материи и будет иметь огромное значение для науки и практики в будущем.

Между тем проблема энерго-массообмена лежит в основе связи энергии и массы не только в том широко распространенном определении, которое им дал Эйнштейн, но и в скромном психрометрическом уравнении и биогеоэнергетических процессах. Подчеркивая важность исследования природных процессов на энергетической основе и определяя биогеоэнергетику как особый раздел биологии, лежащий на стыке экологии, геофизики, биофизики и биохимии, В.Р.Волобуев /1/ указывает, что в основе всех исследований этого направления должны лежать термодинамические представления.

Поскольку в почве выражены многие взаимодействующие процессы природной среды, особое значение для выяснения вопросов биогеоэнергетики играет изучение энергетики почвообразования.

В настоящее время наиболее физически обоснованным методом,

позволяющим исследовать энергетику почвообразования, является метод энергетического баланса. Принято считать, что этот метод только с привлечением градиентных наблюдений (наблюдений за разностью по вертикали в приземном слое воздуха его температуры и влажности) позволяет наиболее точно оценить основные компоненты энергетического баланса /2/, однако существует более точный и простой способ оценки основных составляющих энергетического баланса, который удалось обнаружить благодаря исследованиям Циолковского /3/.

В 1974 г. исполнилось 60 лет с момента выхода в свет работы Циолковского "Второе начало термодинамики" /3/, которая, имея огромное теоретическое и практическое значение, противоречила общепринятому мнению, в основе которого лежало представление о том, что вертикальный поток тепла пропорционален вертикальному градиенту температуры.

Вплоть до последнего времени было принято считать, что поток влаги в воздухе также пропорционален градиенту удельной влажности.

Положив в основу исследований идею Циолковского, мы убедились, что это положение не отвечает истинному ходу процесса, и сумели найти корректное уравнение, описывающее процесс:

$$E = -\rho k \left(\frac{\partial a}{\partial z} - \gamma_a \right), \quad (1)$$

где E - скорость испарения;

ρ - плотность воздуха;

k - коэффициент турбулентного обмена;

a - удельная влажность воздуха;

z - вертикальная координата;

γ_a - равновесный градиент удельной влажности воздуха.

Таким образом, в поле силы тяжести поток влаги в парогазовой смеси (и вообще концентрации любой компоненты) может переходить от слоев с меньшей концентрацией к слоям с большей концентрацией. Это положение значительно уточняет наши прежние представления, например, об испарении в природе и технике.

Привлекая упомянутую идею Циолковского и открытый нами закон распределения по вертикали в поле силы тяжести относительной влажности воздуха и ее эквивалента, нам удалось не только найти урав-

нение, характеризующее процесс перехода тепла от более холодных слоев к более теплым, описанный Циолковским, но и разработать методику определения соотношения тепла и влаги без производства градиентных наблюдений.

Открытие Циолковского и последующая его разработка имеет огромное значение не только непосредственно для энергомассообмена, но и для решения многих других вопросов, так или иначе связанных с этими процессами. Так, информация о гидротермическом режиме территории необходима для прогноза проводимости радиоволн и, естественно, точность и количество такой информации влияют на точность прогнозов. Без информации о гидротермическом режиме не мыслимы такие дисциплины как: геофизика, почвоведение, геоботаника, география и т.д.

Весьма показательно, что высказывания основателя почвоведения В.В.Докучаева /4/ и И.И.Гвая /5/ по поводу зависимости химических, биологических и физических процессов от энергетической базы перекликаются между собой:

Важнейшим энергетическим критерием, характеризующим соотношение тепла и влаги, а следовательно и гидротермическое состояние того или иного объекта, является соотношение:

$$\beta = \frac{Q_e}{Q_e + Q_p}, \quad (2)$$

где Q_e - затраты тепла на испарение;
 Q_p - затраты тепла на турбулентный теплообмен.

По существующей методике /2/ отношение (2), пренебрегая равновесными градиентами температуры и влажности воздуха, принято определять как:

$$\beta = \frac{L \frac{\partial a}{\partial z}}{L \frac{\partial a}{\partial z} + C_p \frac{\partial T}{\partial z}}, \quad (3)$$

где L - удельная теплота парообразования;
 C_p - теплоемкость воздуха при постоянном давлении;
 T - температура воздуха.

На практике вместо (3), переходя к конечным разностям, используют соотношение:

$$\beta = \frac{L_1 a_1 - L_2 a_2}{(L_1 a_1 - L_2 a_2) + (C_{p1} T_1 - C_{p2} T_2)}, \quad (4)$$

где индексы 1 и 2 относятся к различным (например, 0,5 и 2,0 м) уровням.

Из-за сильно развитой турбулентности воздуха величина β , определяемая по соотношению (4), в течение нескольких секунд изменяется не только на порядок, но и может изменить знак, между тем как такие показатели, как температура и влажность воздуха по абсолютной величине испытывают лишь незначительные колебания. Напомним, что при заданном атмосферном давлении именно эти показатели характеризуют гидротермический режим в точке их определения. Естественно, что какие бы значения ни принимала величина β , определенная по соотношению (4), при неизменных значениях a_1 и T_1 , объект, находящийся в зоне определения этих параметров, будет находиться при одних и тех же гидротермических условиях. Таким образом, градиентные наблюдения из-за турбулентности могут дать лишь приближенное значение β за какой-то период осреднения. С увеличением влияния краевого эффекта погрешность в определении β увеличивается.

Работа Циолковского [3], ставившая под сомнение значимость градиентов для характеристики тепло-массообмена, послужила толчком к поискам наиболее точного определения параметра β , и как оказалось, такое решение существует и открывает возможность не только точного определения β , но и значительно упрощает расчет этого критерия по данным таких широко распространенных параметров, как температура и влажность парогазовой смеси.

В самом деле, запишем отношение:

$$\varphi = \frac{a}{A}, \quad (5)$$

где φ - относительное влагосодержание парогазовой смеси;
 A - максимально возможное влагосодержание парогазовой смеси при температуре адиабатного насыщения.

При заданных значениях температуры и влажности воздуха (T и a) воспользовавшись психрометрическим уравнением, являющимся частным случаем закона сохранения энергии, получим

$$L(A - a) = C_p T - C_{p*} T_*, \quad (6)$$

где T_* - температура адиабатного насыщения;
 C_{p*} - теплоемкость воздуха при постоянном давлении при T_* ,
 например, при помощи психрометрических таблиц нахо-
 дим значения A и T_* (а следовательно и L, C_p
 и C_{p*}).

Внося (5) в (3) для расчета β , получим простую зависи-
 мость:

$$\beta = \frac{\varphi}{1 + \frac{C_{p*}}{L} \frac{\partial T_*}{\partial A}}, \quad (7)$$

характеризующую соотношения тепла и влаги в точке определения,
 например, T_1 и a_1 , т.к. отношение $\partial T_* / \partial A$ является функ-
 цией только величины T_* .

Еще раз подчеркнем, что при неизменных значениях T_1 и a_1 ,
 величина β будет иметь неизменное значение независимо от то-
 го, что значения T_2 и a_2 могут испытывать колебания (при
 этом для T_2 и a_2 величина β может иметь свое значе-
 ние).

Заметим, что при отсутствии влияния краевого эффекта, по-
 скольку отношение потоков тепла и влаги по вертикали постоянно
 /6/, значение β по вертикали не должно изменяться.

Исследуя закон распределения φ по вертикали в условиях
 отсутствия краевого эффекта, запишем отношение:

$$C = \frac{a_1 - a_2}{A_1 - A_2}, \quad (8)$$

где индексы 1 и 2 относятся к различным уровням по вертикали.

Поскольку (8)-уравнение прямой, то

$$C(z) = const, \quad (9)$$

а следовательно

$$\frac{\partial a}{\partial A} = C(z) = const, \quad (10)$$

откуда

$$a = A_c + B, \quad (II)$$

где $B = const$. Поскольку при $A = 0$, имеем $a = 0$, то $B = 0$, а следовательно

$$\frac{a}{A} = \varphi(z) = const. \quad (I2)$$

На основании (5) и (I2) приходим к выводу о том, что при отсутствии влияния краевого эффекта (адвекции)

$$\frac{a}{A} = \varphi(z) = const. \quad (I3)$$

Так как условие (I3), как следует из простых физических соображений, должно выполняться в равновесных условиях, то рассматривая в каждый конкретный момент температуру и влажность в данной точке в равновесном состоянии (7) можно записать в виде:

$$\beta = \frac{\varphi}{1 + \frac{C_{p*}}{L} \frac{\gamma_*}{\gamma_a}}, \quad (I4)$$

где γ_* - равновесный градиент температуры адиабатного насыщения;

γ_a - равновесный градиент максимально-возможной удельной влажности воздуха при температуре T_* .

Величина равновесного градиента удельной влажности воздуха может быть определена на базе (5) и (6) как:

$$\gamma_a = \frac{(C_p \gamma_T - C_{p*} \gamma_*) \varphi}{L(1 - \varphi)}, \quad (I5)$$

где γ_T - равновесный градиент температуры /2/.

Выполненное нами исследование позволяет определить коэффициент турбулентного обмена на основе зависимости:

$$k = \frac{Q_s}{-\rho C_p \left(\frac{\partial T_v}{\partial z} - \gamma_v \right)} = \frac{Q_s}{-\rho \left[C_p \left(\frac{\partial T}{\partial z} - \gamma_T \right) + L \left(\frac{\partial a}{\partial z} - \gamma_a \right) \right]}, \quad (I6)$$

где T_v - расчетная виртуальная температура (температура абсолютно сухого воздуха);
 γ_v - вертикальный градиент виртуальной температуры;
 Q_s - суммарные затраты тепла на испарение и турбулентный теплообмен, с достаточной для практики точностью определяемые по разности между радиационным балансом и потоком тепла в почву.

В заключение отметим, что стратификация параметра φ по вертикали в условиях влияния краевого эффекта существенно сказывается на направлении потока тепла (и влаги), о чем свидетельствует приводимое ниже уравнение, полученное для равновесных условий с привлечением разности температур по вертикали, психрометрической зависимости и вертикального градиента равновесной температуры.

$$\left\{ [(c_p T_v - c_p T) + (c_p T - c_{p*} T_*)] (1 - \varphi) + c_{p*} T_* \right\}_1 - \quad (I7)$$

$$- \left\{ [(c_p T_v - c_p T) + (c_p T - c_{p*} T_*)] (1 - \varphi) + c_{p*} T_* \right\}_2 = c_p \gamma_v$$

Как следует из (I7), при влиянии краевого эффекта, когда $\varphi_1 \rightarrow 1$ и $\varphi_2 \rightarrow 0$, в то время когда $T_1 > T_2$, левая часть равенства (I7) может быть меньше правой, и поток тепла будет направлен от более холодных слоев к более теплым.

Идея Циолковского /3/ положила начало целому ряду новых направлений в области тепло-массообмена, позволяющих вести корректную оценку динамики таких составляющих теплового баланса, как затраты тепла на испаряемость, испарение, дистилляцию, фотосинтез и т.д., коснуться которых, однако, в настоящей работе из-за ограниченности ее объема мы не имеем возможности.

Во многом благодаря работам Циолковского в наше время начинают сбываться вещи слова Докучаева /4/ о создании науки, в центре которой станет учение об обмене энергией и массой между мертвой и живой природой.

Работы Циолковского поставили под сомнение непогрешимость существующей теории тепло-массообмена и послужили блестящей основой для вскрытия сущности процессов обмена теплом и влагой, а поскольку полученные выводы применимы к любой системе, содержа-

ней жидкость в дисперсном теле и парогазовую смесь, прилегающую к этому телу, то, следовательно, эти работы должны служить отправным пунктом процессов гидродинамики, протекающих в поле силы тяжести и, в частности, послужат делу дальнейшего повышения точности прогнозов погоды.

Таким образом, гипотеза Циолковского о том, что в поле силы тяжести направление потока тепла (а, следовательно, и скрытого тепла) еще не определяется одним градиентом, является существенным элементом теоретического резерва, составляющего богатство науки, и чем более будет развиваться наука, тем более будет осознаваться значимость идей К.Э.Циолковского для ее развития.

Л и т е р а т у р а

1. В.Р.Волобуев. Введение в энергетику почвообразования. М., 1974.
2. М.И.Будыко. Климат и жизнь. Л., 1971.
3. К.Э.Циолковский. Второе начало термодинамики. Калуга, 1914.
4. В.В.Докучаев. Место и роль современного почвоведения в науке и жизни. СПб., 1899.
5. И.И.Гвай. О малоизвестной гипотезе Циолковского. Калуга, 1959.
6. Л.Т.Матвеев. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. Л., 1965.

X X
X

На симпозиуме "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование" с сообщениями по отдельным вопросам научного прогнозирования и в порядке обсуждения докладов, заслушанных на заседаниях симпозиума, выступили: Е.П.Вознесенский, В.А.Семенов, Н.А.Черемных, Я.А.Рапопорт, Б.И.Миловидов, Т.Л.Волковицкая, Г.А.Кузнецов, А.И.Дубравин, К.В.Бирюков, О.А.Чембровский и другие.

Содержание

Стр.

От редакторов.....		3
М.К.Тихонравов	О значении симпозиума "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование"	5
Г.М.Добров С.В.Шухардин	Особенности научного прогнозирования у К.Э.Циолковского и в наше время	6
Г.И.Покровский	К вопросу о реальном существовании в космосе объектов, являющихся оболочками из орбитальных колец, окружающих звезду.....	II
И.А.Кольченко	К.Э.Циолковский о преобразовании природы	15
Б.К.Федюшин	Развитие идей К.Э.Циолковского в области научного прогнозирования глобальных катастроф	22
В.П.Сенкевич	Космонавтика как объект прогнозирования, планирования и управления	28
Ю.В.Бирюков	Сравнение прогнозов космического развития цивилизаций в трудах К.Э.Циолковского и Ф.Дайсона....	38
Т.Л.Волковицкая	Прогноз К.Э.Циолковского и некоторые особенности развития ракетно-космической техники	47
В.В.Вериго	Современное развитие идей К.Э.Циолковского об управлении биосферой и автоэволюции	53
Б.И.Желтецкий В.П.Сенкевич Ю.Л.Яковлев	Модели прогнозирования развития техники с учетом ресурсных ограничений	60
В.Д.Онопrienко Б.И.Желтецкий	Корреляционная модель прогнозирования развития технических средств	66
В.И.Флоров	К вопросу о принципах формирования программ развития научно-технических направлений	77
В.И.Севастьянов	Прикладное использование космических средств в народном хозяйстве	88
Д.Н.Щеверов	К.Э.Циолковский и проблема исследования технических систем.....	97

В.П.Сенкевич	Комплексный анализ при исследовании перспектив развития сложных технических систем	106
Ю.А.Матвеев	Метод прогнозирования оптимальной программы развития космической системы и требований надежности ее элементов.....	115
В.Д.Онопrienко Б.И.Хелтецкий	Модель прогнозирования обобщенных характеристик средств космической техники	122
И.Н.Моисеев	К вопросу об основных законах проектирования летательных аппаратов.....	130
А.В.Гонтарь	Возможный подход к оценке важности целей космических исследований	141
В.Д.Иванов В.В.Климочкин М.Х.Харатьян	Значение исследований К.Э.Циолковского для вскрытия сущности энерго-массообмена в природе и технике.....	147
Выступления		154

Кроме того, на IX Чтениях на симпозиуме "К.Э.Циолковский и научное прогнозирование" был заслушан доклад В.И.Флорова и М.В.Бирикова "Функция космонавтики в общественно-историческом процессе".

Сборник подготовлен к печати ст.научным сотрудником Государственного музея истории космонавтики им.К.Э.Циолковского Н.Н.Усачевой.