

ДВИЖЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ. МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПОЛЕТЫ

© *Э.Л. Аким, Т.М. Энеев*

Прошло уже пять лет с тех пор, как ушел из жизни очень дорогой и близкий нам человек – академик Дмитрий Евгеньевич Охоцимский – выдающийся ученый в области механики и процессов управления ракет, космических аппаратов, робототехнических систем, Герой Социалистического труда. Чем больше проходит времени с момента его ухода, тем более невосполнимой представляется эта утрата для ракетно-космической науки и техники, для Академии наук, коллектива Института и научной школы мирового уровня, созданной Дмитрием Евгеньевичем Охоцимским.



Рис.1. Дмитрий Евгеньевич Охоцимский.

Жизненный и творческий путь Дмитрия Евгеньевича тесно переплетается с судьбой нашей страны и важными задачами, которые страна ставила перед учеными. Он родился в Москве в 1921г. и в 1939г. поступил на механико-математический факультет МГУ. После начала войны в 1941г. работал на строительстве оборонительных сооружений, токарем на одном из московских заводов и в 1942г. был мобилизован в армию. После демобилизации возобновил учебу в МГУ и в 1946г. окончил механико-математический факультет МГУ по специальности «Механика». Поступил в МИАН СССР и в 1949г. окончил аспирантуру, защитив кандидатскую диссертацию. В 1953г. вместе с группой сотрудников МИАН, которой руководил М.В.Келдыш, Дмитрий Евгеньевич был переведен на работу в Отделение прикладной математики МИАН СССР (в дальнейшем Институт прикладной математики). Здесь он возглавил крупный отдел, связанный с развитием ракетно-космической науки и техники, которым руководил более 50 лет, до конца своей жизни. В 1958г. – он доктор физико-математических наук, в 1960г. избран членом-корреспондентом, а впоследствии – действительным членом РАН.

Д.Е. Охоцимский был одним из ближайших учеников М.В.Келдыша. Под его руководством Дмитрий Евгеньевич более тридцати лет работал в Институте им. В.А.Стеклова АН СССР и Институте прикладной математики. Отдел Д.Е. Охоцимского в Институте был той «командой», на которую опирался М.В. Келдыш в своей многогранной деятельности в области ракетно-космической техники, о чем он сам неоднократно говорил. Все работы Д.Е. Охоцимского были посвящены решению важнейших проблем науки и техники и имели четкую прикладную направленность. Разработанные в них методы и предложенные пути решения, как правило, выходили за рамки первоначальной постановки и имели существенное значение для развития механики и методов управления. Дмитрий Евгеньевич очень тщательно относился к выбору тематики в отделе.

Фундаментальное значение имели работы Дмитрия Евгеньевича Охоцимского по динамике полета и управлению движением ракет и космических аппаратов. Важное место в этих исследованиях занимала проблема создания составных ракет. В 1953г. Д.Е. Охоцимский решил вариационную задачу по определению оптимальных характеристик ракетного пакета. Это позволило составить представление о баллистических возможностях и рациональных конструктивных схемах составных ракет. Д.Е. Охоцимским было впервые указано на необходимость учета и дан метод учета подвижности жидкости в баках ракет при наличии свободной поверхности, что важно для управления движением жидкостных ракет. Эти работы помогли

С.П. Королеву сделать окончательный выбор схемы составной ракеты Р-7, серьезно улучшить лётные характеристики этой ракеты. В 1953г. в отделе Дмитрия Евгеньевича был впервые предложен баллистический спуск космического аппарата с орбиты на Землю, показана возможность его использования при пилотируемых полетах. В результате применения этого метода космический полет Ю.А. Гагарина был завершён удачным приземлением.

В 1954г. под руководством Дмитрия Евгеньевича разработан первый конкретный вариант системы пассивной стабилизации искусственного спутника и построена теория такой стабилизации. Работы завершились созданием отечественных систем пассивной стабилизации для ряда типов ИСЗ.

Большой вклад был сделан Дмитрием Евгеньевичем в работы по теории движения ИСЗ. Вместе с сотрудниками им разработаны первые методы расчета и прогнозирования движения ИСЗ, опубликованные до запуска первого ИСЗ.

Все указанные работы имели оригинальный характер и были впервые выполнены не только в нашей стране, но и в мире.

После запуска первого ИСЗ фронт работ в отделе Дмитрия Евгеньевича сильно расширился. Отметим здесь лишь некоторые из проведенных исследований. В 1957г. была разработана методика и впервые в нашей стране осуществлено определение орбиты ИСЗ по данным оптических наблюдений с помощью ЭВМ. Разработаны первые в нашей стране методы определения и прогнозирования параметров движения космических аппаратов по данным наземных радиотехнических траекторных измерений. Позднее при Институте на базе отдела Д.Е. Охочимского был создан Баллистический центр, ставший неотъемлемой частью контура управления полетом космических аппаратов.

В отделе были развернуты работы по комплексному баллистическому проектированию космических полетов к Луне, Марсу и Венере. Первоначально главные усилия были направлены на решение задачи достижения Луны и исследования окололунного пространства. Соответствующие работы были проведены в сжатые сроки. Блестящим примером работы из «лунного» цикла явился выполненный под руководством Д.Е. Охочимского проект облета и фотографирования невидимой с Земли стороны Луны для КА «Луна-3» (рис.2, 3).

Здесь, впервые в мировой практике, был предложен и успешно реализован «гравитационный маневр» – целенаправленное изменение траектории КА в результате возмущения его движения небесным телом (Луной). Д.Е. Охочимским совместно с сотрудниками построена общая теория и про-

веден анализ пространственных траекторий полета к Луне, в том числе траекторий с облетом Луны и возвращением к Земле. Разработана методика расчета управления полетом таких аппаратов. Результаты этой работы положены в основу баллистического проектирования КА для полетов к Луне и КА серии «Зонд», предназначенных для отработки пилотируемого облета Луны (в беспилотном варианте).

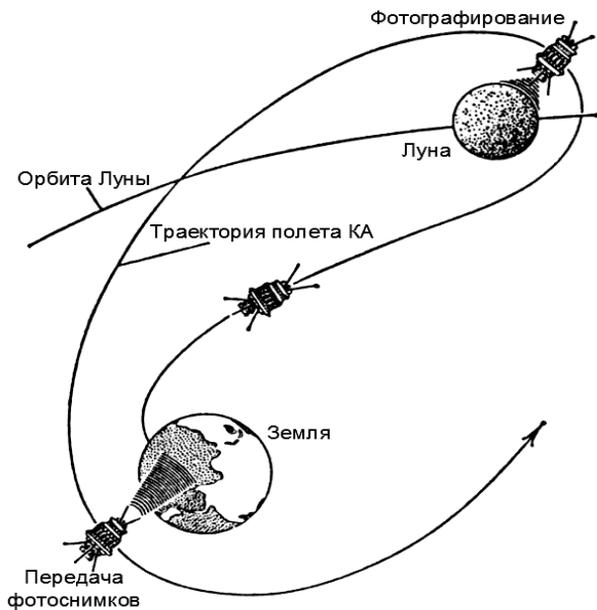


Рис.2. Схема полета КА «Луна-3».

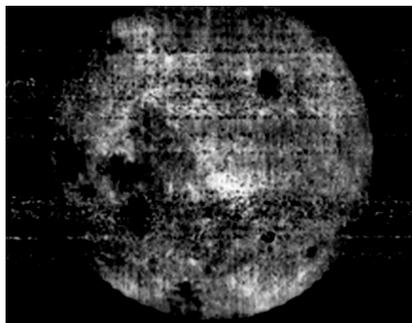


Рис.3. Первая фотография обратной стороны Луны, полученная КА «Луна-3».

Выполнены и реализованы в летно-конструкторских испытаниях совместно с промышленностью проектные исследования, связанные с навигационным обеспечением полетов к Луне всех отечественных лунных КА. Перечень этих 24 КА представлен в табл.1, 2.

Таблица 1.

КА первого поколения				
Дата за- пуска	Название	Ф	Л	
02.01.1959	«Луна-1»	-	-	Пролет над Луной (5 тыс. км)
12.09.1959	«Луна-2»	Море Яс- ности	Достигла по- верхности Луны	
04.10.1959	«Луна-3»	-	-	Фотографирование обрат- ной стороны Луны
КА второго поколения				
1963-65 г.	«Луна-4»- «Луна-8»	-	-	Отработка мягкой посадки
31.01.1966	«Луна-9»	64°22' з.д.	7°08' с.ш.	Первая мягкая посадка
31.03.1966	«Луна-10»	-	-	Первый ИСЛ
24.08.1966	«Луна-11»	-	-	Второй ИСЛ
22.10.1966	«Луна-12»	-	-	Третий ИСЛ
21.12.1966	«Луна-13»	62°03' з.д.	18°52' с.ш.	Вторая мягкая посадка
07.04.1968	«Луна-14»	-	-	Четвертый ИСЛ

Таблица 2.

КА третьего поколения				
Дата запуска	Название	Ф	Л	
13.07.1969	«Луна-15»	-	-	Пятый ИСЛ
12.09.1970	«Луна-16»	56°18' в.д.	0°41' ю.ш.	Доставка на Землю лунного грунта
10.11.1970	«Луна-17»	35°00' з.д.	38°17' с.ш.	Доставка Лунохода-1
02.09.1971	«Луна-18»	Море Изобилия	Посадка небла- гоприятная	
28.09.1971	«Луна-19»	-	-	Шестой ИСЛ
14.02.1972	«Луна-20»	56°33' в.д.	3°32' с.ш.	Доставка на Землю лунного грунта
08.01.1973	«Луна-21»	30°27' в.д.	25°51' с.ш.	Доставка Лунохода-2
29.05.1974	«Луна-22»	-	-	Седьмой ИСЛ
28.10.1974	«Луна-23»	Море Кризисов	Посадка небла- гоприятная	
09.08.1976	«Луна-24»	62°12' в.д.	12°45' с.ш.	Доставка на Землю лунного грунта
Отработка пилотируемого облета Луны (в беспилотном варианте)				
1968–1970	Зонд-5–8	-	-	Облет Луны и посадка на Землю

Особо следует отметить первую мягкую посадку на поверхность Луны автоматической станции «Луна-9», первый искусственный спутник Луны «Луна-10» и станцию «Луна-16» (Проект «Е-8»), впервые осуществившую забор и доставку на Землю образцов лунного грунта (рис.4).



Рис.4. «Луна-20». Контейнер с лунным грунтом.

Проект «Е8» был очень интересным и трудным. Чтобы доставить возвращаемый аппарат (ВА) с лунным грунтом на заданный полигон территории страны, надо посадить КА на поверхность Луны в пятно радиусом 5 км вокруг выбранной точки. Мы не могли обеспечить столь высокую точность прогноза точки посадки: не имели необходимой для этого системы траекторных измерений и плохо знали лунное поле тяготения. Чтобы спрогнозировать с необходимой точностью место посадки на Земле ВА с грунтом, мы должны были иметь на борту ВА нашу достаточно точную дециметровую систему траекторных измерений. Эта система была тяжелой, а мы и так имели в ВА дефицит веса. Любой из названных причин было достаточно, чтобы отказаться от реализации проекта. Только талант, высочайшая квалификация, смелость и настойчивость главного конструктора Г.Н. Бабакина и энтузиазм команды, в которую входили и сотрудники нашего Института, позволили реализовать этот проект. Вместе с НИИП²ом в кратчайшие сроки

мы придумали, разработали и отработали совершенно новую высокоточную систему траекторных измерений. Уточнили по наблюдениям за движением ИСЛ «Луна-10, 11, 12 и 14» модель лунного поля тяготения. Предложили поставить на борт ВА менее точную, чем необходимо, но существенно более легкую траекторную систему метрового диапазона. Для получения же необходимой точности посадки на Землю ВА с грунтом предложили дополнительно привлечь для наблюдений за ВА оптические измерения обсерваторий Академии наук. На борту ВА не было резерва веса для дублирования траекторной системы. Главный конструктор принимает смелое решение – обойтись без дублирования. Созданный проект оказался надежным и позволил успешно решить задачу забора и доставки на Землю лунного грунта на всех предназначенных для этого лунных аппаратах.

В разгар работ по подготовке лунных экспедиций Мстислав Всеволодович Келдыш и Сергей Павлович Королев приняли совместное решение начать баллистическое проектирование беспилотных полетов к Марсу и Венере. В коллективе Д.Е. Охочимского были разработаны принципиальные технические решения, сыгравшие в дальнейшем большую роль в развитии космической техники: разработка метода разгона аппарата с промежуточным выведением на незамкнутую орбиту искусственного спутника Земли (рис.5), который стал впоследствии универсальным способом разгона космических аппаратов; принципиальная схема управления полетом КА, которая легла в основу всех работ, как по баллистическому проектированию, так и по практическому управлению полетами межпланетных КА. Эта схема обеспечивала достижение как максимальной точности управления в ходе полета, так и минимальных массовых затрат, связанных с созданием самой системы управления.

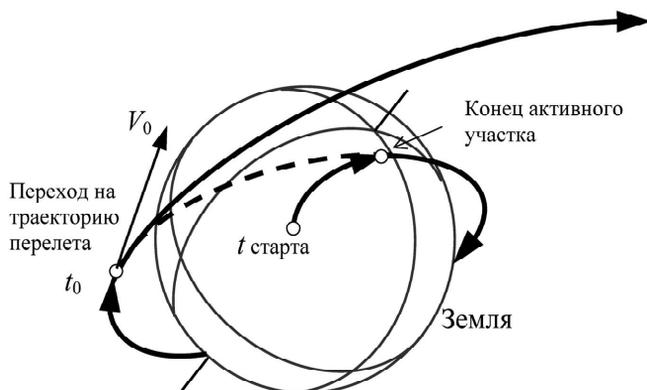


Рис.5. Метод разгона КА.

Коллектив ИПМ участвовал по всех проектно-баллистических работах, а также в работах по баллистико-навигационному обеспечению полетов космических аппаратов, предназначенных для исследования межпланетного космического пространства, планет и малых тел солнечной системы. Наиболее наглядными являются полеты наших 16 КА к Венере, представленные в табл. 3, 4.

Таблица 3.

Дата пуска-подлета	АМС	Координаты посадки СА		ОА
		Широта (град)	Долгота (град)	
12.02.61-19.05.1961	«Венера-1»	-	-	расстояние ~100 тыс. км
12.11.65-27.02.1966	«Венера-2»	-		расстояние ~24 тыс. км
16.11.65-01.03.1966	«Венера-3»	достигла поверх.		
12.06.67-18.10.1967	«Венера-4»	19,0	38,0	
05.01.69-16.05.1969	«Венера-5»	-3,0	18,0	
10.01.69-17.05.1969	«Венера-6»	-5,0	23,0	
17.08.70-15.12.1970	«Венера-7»	-5,0	351,0	

Таблица 4.

Дата пуска-подлета	АМС	Координаты посадки СА		ОА
		Широта (град)	Долгота (град)	
23.03.72-22.07.1972	«Венера-8»	-10,0	335,0	
08.06.75-22.10.1975	«Венера-9»	31,7	290,8	ИСВ
14.06.75-25.10.1975	«Венера-10»	16,0	291,0	ИСВ
09.09.78-25.12.1978	«Венера-11»	-14,0	299,0	
14.09.78-21.12.1978	«Венера-12»	-7,0	294,0	
30.10.81-01.03.1982	«Венера-13»	-7,5	303,5	
04.11.81-05.03.1982	«Венера-14»	-13,0	310,0	
02.06.83-10.10.1983	«Венера-15»			ИСВ
07.06.83-14.10.1983	«Венера-16»			ИСВ

Особо следует отметить «Венеру-4», осуществившую впервые передачу на Землю параметров атмосферы планеты; первые искусственные спутники Венеры «Венеру-9», «Венеру-10» и их посадочные аппараты (рис.6), обеспечившие передачу на Землю первых панорам с поверхности этой загадочной планеты; ИСВ «Венера-15» и «Венера-16», позволившие с помощью уникального эксперимента по радиокартографированию Венеры (рис.7) построить качественные изображения планеты и ее рельефа, создать первый атлас Венеры.

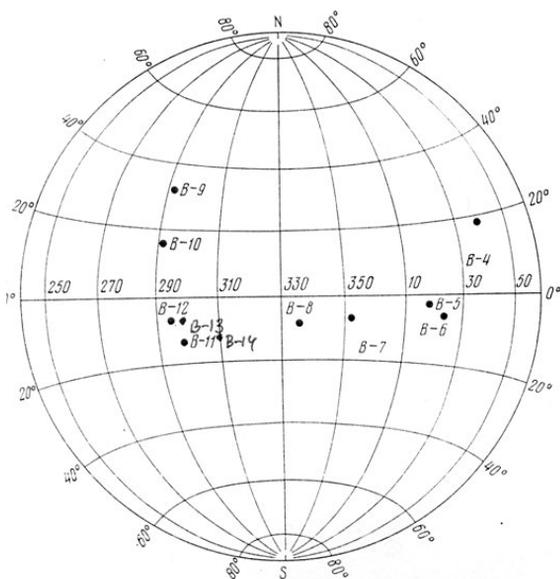


Рис.6. Районы посадки АМС «Венера-4» – «Венера-14».

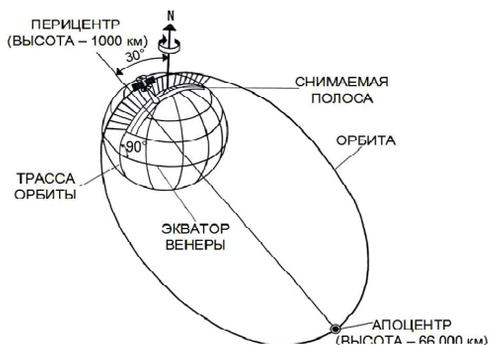


Рис.7. Орбита космических аппаратов «Венера-15» – «Венера-16».

Необходимо также отметить полеты наших КА «Вега-1 и 2» к комете Галлея (табл. 5, 6) с доставкой в атмосферу Венеры аэростатных зондов и выведением к ядру кометы европейской межпланетной станции «Джотто» (Международный проект «Ллоцман») (рис.8).

Под руководством М.В.Келдыша и Д.Е.Охоцимского в ИПМ АН были развернуты работы в новом направлении, имеющем важное естественнонаучное и прикладное значение для навигации и управления полетом космических аппаратов. Это – уточнение астрономических постоянных и построение высокоточных теорий движения небесных тел.

Таблица 5.

Название	Величина	
	«Вега-1»	«Вега-2»
Дата старта с Земли	15.12.1984	21.12.1984
Асимптотическая скорость отлета от Земли, км/с	3,73	3,72
Продолжительность перелета Земля-Венера, сут.	178	176
Коррекции траектории	2	2
Дата прибытия к Венере	11.06.85 г.	15.06.85 г.
Скорость входа в атмосферу Венеры, км/с (RBX=6175 км)	11,0	11,0
Асимптотическая скорость подлета к Венере, км/с	3,18	3,36

Таблица 6.

Название	Величина	
	«Вега-1»	«Вега-2»
Венерографические координаты точек посадки аэростатных зондов:		
- широта, град	7,9	-7,4
- долгота, град	176,7	178,3
Маневр увода пролетного КА на траекторию перелета к комете	1	1
Коррекция траектории перелета к комете. Дата	10.02.86 г.	–
Дата пролета ядра кометы Галлея	6.03.86 г.	9.03.86 г.
Расстояние пролета, км	8921.	8033.

Точное прогнозирование движения КА, необходимое для маневрирования в космосе и посадки аппаратов в заданные, ограниченные по размерам районы Земли, Луны и планет, не могло быть выполнено без уточнения ряда астрономических постоянных. Для решения этой проблемы сотрудники Института предложили использовать высокоточные радиотехнические наблюдения за движением КА. Впервые в мировой практике определены количественные характеристики поля тяготения Луны («Луна-10»). В интересах проекта доставки на Землю образцов лунного грунта («Луна-16») построена модель поля, обеспечившая успешные полеты к Луне отечественных КА. По данным траекторных измерений всех советских искусственных

спутников Луны построена модель глобальной структуры гравитационного поля Луны. Уточнены постоянные тяготения Земли и Луны по наблюдениям за движением межпланетных станций «Венера-4÷7».

В интересах проекта картографирования Венеры выполнено первое определение динамического сжатия Венеры по наблюдениям за движением КА «Венера-9» и «Венера-10». Уточнен период вращения Венеры и направление оси ее вращения по данным КА «Венера-15», «Венера-16» и «Магеллан».



Рис.8. Схема полета АМС «Венга-1».

Полеты КА к планетам Солнечной системы предъявили высокие требования к точности знания геоцентрических координат планет. Астрономические теории движения планет, построенные с использованием только традиционных оптических угловых измерений, не могли обеспечить эти точности. Поэтому принципиальное значение имели работы Института по уточнению эфемерид планет, опирающиеся на радиолокацию планет и высокоточные радиотехнические наблюдения за движением их искусственных спутников. С этой проблемой мы впервые столкнулись в 1967г. После неудачных полетов к Венере АМС «Венера-2 и 3», пролетевших мимо Венеры, к планете приближалась АМС «Венера-4» («В-67»). Момент был исключительно ответственный. К Венере подлетал космический аппарат, с помощью которого мы предполагали впервые в мире получить научную ин-

формацию об этой загадочной планете. В начале подлетного сеанса произошло непредвиденное. Из-за большой ошибки в прогнозе положения Венеры, полученном с помощью классической астрономической теории Ньюкома, мы едва не потеряли уникальную информацию о планете. М.В. Келдыш, который участвовал в Центре дальней космической связи (г. Евпатория) в проведении этого заключительного сеанса связи АМС «Венера-4» с Землей, был чрезвычайно взволнован указанной аварийной ситуацией. Он сказал, что больше так летать к планетам нельзя. Нам надо самим строить теории движения планет, используя высокоточные данные радиолокации. Тогда мы будем хорошо знать точность этих теорий. Он помог организовать сеансы радиолокации Венеры, которые проводил ИРЭ АН СССР из Евпатории. Через небольшое время мы построили первую в нашей стране «Высокоточную теорию движения Земли и Венеры» по данным радиолокационных, оптических наблюдений и наблюдений за движением ИСВ «Венера-9 и 10» и более чем на порядок уточнили геоцентрические координаты Венеры. М.В.Келдыш представил эту работу для публикации в ДАН. Мы получили надежные эфемериды для работы в подлетном сеансе последующих станций, направленных для исследования Венеры. По данным радиолокационных и оптических наблюдений Меркурия, Венеры и Марса сотрудниками Института вместе с соавторами построена релятивистская теория движения внутренних планет. Построена теория движения кометы Галлея, позволившая уточнить координаты кометы более чем на два порядка и обеспечить необходимую встречу КА «Вега-1 и 2» с кометой. Решена проблема высокоточной навигации КА «Венера-15 и 16», что позволило построить качественные изображения планеты и ее рельеф, создать первый атлас Венеры.

Д.Е. Охочимским с сотрудниками проведены глубокие исследования по проблеме управления движением космического аппарата при входе в атмосферу Земли. Разработаны многоступенчатые адаптивные алгоритмы управления, функционирующие в широком диапазоне скоростей входа, от первой космической до гиперболической, при дальностях входа от сотен до 12 тысяч км. Алгоритмы обеспечивают высокую точность приведения КА в заданное место посадки, малый расход топлива на управление, минимальные требования к величине управляющего момента и сохраняют работоспособность при действии значительных возмущений. Они предназначены для программной реализации на бортовых ЭВМ.

Д.Е. Охочимским с учениками было проведено исследование динамики и оптимального управления полетом КА с двигателями малой тяги, где получен ряд фундаментальных результатов.

Следует сегодня сказать об одной большой и ответственной работе, к появлению и выполнению которой наш Институт, отдел Д.Е. Охочимского имели самое непосредственное отношение. Речь идет о создании ракетно-космической системы «Энергия-Буран». По поручению М.В.Келдыша в середине 1975г. в Институте, в отделе Д.Е. Охочимского был проведен комплексный анализ опубликованных в печати данных о проектируемой американской многоразовой системе «Спейс Шатл» для установления главных целей ее разработки (рис.9-11).

Инд 8555
ИПМ - 1976г.

Экз. № I

ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор института
академик

М.В. Келдыш М.В. Келдыш

"19" марта 1976 г.

Отчет

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ЦЕЛЕЙ СОЗДАНИЯ
МНОГОРАЗОВОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ США
(Space Shuttle)

6. ВЫВОДЫ

Проведенный анализ возможных целей создания многоразовой системы позволяет сделать следующие выводы:

1. Энергетика многоразовой космической транспортной системы определяется выведением полезной нагрузки массой 14,5 т на круговую орбиту высотой 200 км и наклоном 104° . С такой полезной нагрузкой КС может совершить посадку на аэродром, произведя боковой маневр на дальность до 2040 км.

Максимальная масса выводимой полезной нагрузки при запуске на восток составляет 29,5 т.

2. Диапазон объявленных азимутов запуска с базы ВВС Ванденберг обеспечивает возможность достижения на первом витке всей территории от западных границ ГДР и Чехословакии до восточных границ СССР.

3. Преимущество КС с большим аэродинамическим качеством по сравнению с обычными ракетно-космическими средствами проявляется только при движении в атмосфере.

Рис. 9,10. С чего начинался «Буран».

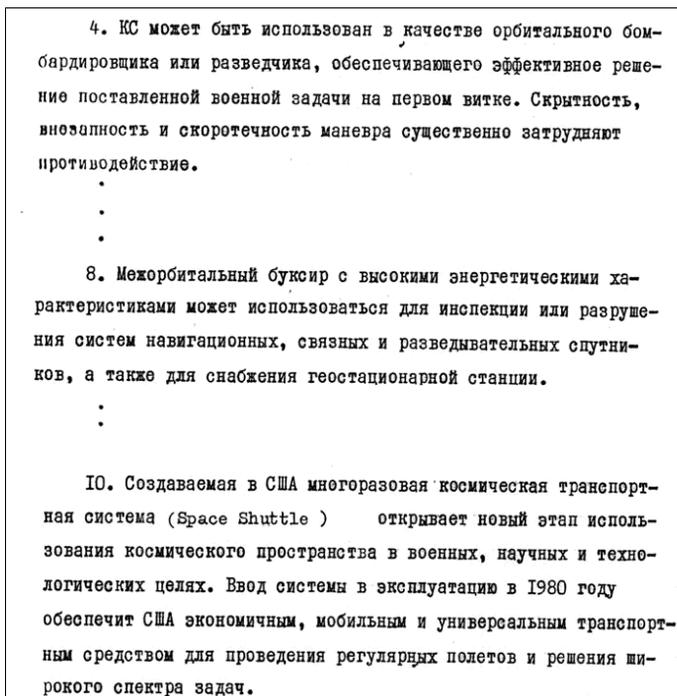


Рис.11. С чего начинался «Буран».

Было показано, что основные параметры системы позволяют эффективно ее использовать в интересах ВВС США, создавая серьезную угрозу для безопасности нашей страны. Двойное назначение системы давало возможность в условиях отсутствия конфронтации двух держав использовать систему «Спейс Шатл» для мирного освоения космоса. Результаты анализа были представлены М.В. Келдышем высшему руководству страны, где после необходимого обсуждения было принято решение о разработке в нашей стране многоцветной космической системы «Энергия-Буран» (рис.12).

В Постановлении ЦК КПСС и СМ СССР по этому вопросу среди основных разработчиков системы был и наш Институт, на который возлагался большой комплекс ответственных задач. Для решения этих задач и задач, связанных с созданием перспективных космических комплексов, в Постановлении было предусмотрено строительство здания ИВК ИПМ АН СССР. Институт принимал самое непосредственное участие в работах по созданию системы «Энергия-Буран» (рис.13).

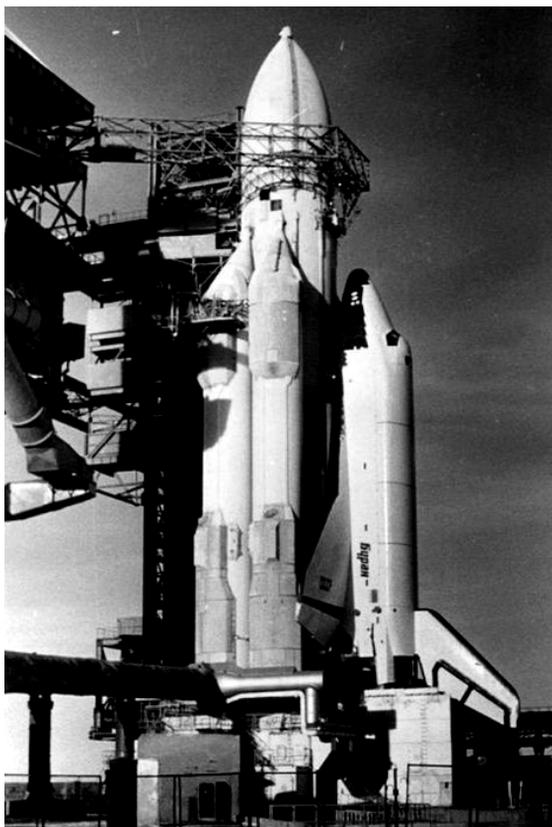


Рис.12. Старт «Бурана».

Институт принимал самое непосредственное участие в работах по созданию системы «Энергия-Буран». Были выполнены работы по научному обеспечению участка спуска орбитального корабля (ОК) «Буран» в атмосфере, от 100 км до посадки на аэродром. Институт участвовал совместно с НПО АП и МОКБ «Марс» в разработке алгоритмов управления ОК на участке спуска и посадки. Осуществлял математическое моделирование полного движения ОК, полунатурное моделирование движения ОК с использованием реальной БЦВМ и ЭВМ «ЕС-1045», визуальную проверку бортового программного обеспечения для участка спуска. В Институте разработаны вычислительные модели аэродинамических характеристик ОК «Буран», которыми пользовались все участники проекта и выполнены другие работы.

Создано общее математическое обеспечение для бортового вычислительно-го комплекса ОК и для наземной автоматической системы подготовки пуска системы «Энергия-Буран» и его проведения. Институтом успешно выполнено баллистико-навигационное обеспечение всех участков полета системы «Энергия-Буран», включая активный участок, орбитальный участок и участок спуска ОК.

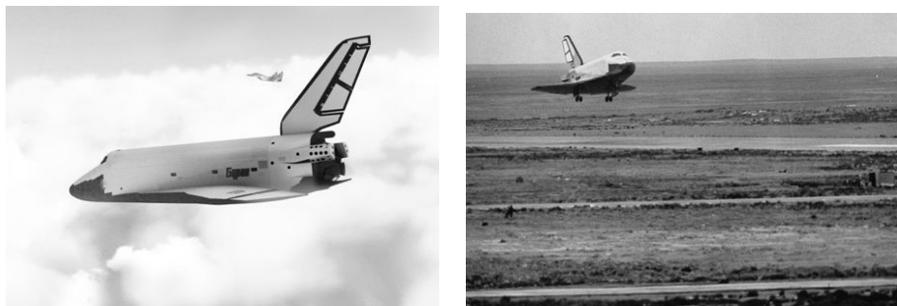


Рис.13. «Буран».

По предложению С.П. Королева и М.В. Келдыша в Институте был создан Баллистический центр (БЦ ИПМ). На него возложены работы по баллистико-навигационному обеспечению (БНО) управления полетом пилотируемых кораблей и автоматических космических аппаратов научного и народно-хозяйственного назначения. Вместе с баллистическими центрами Минобороны и Федерального космического агентства он успешно обеспечивает полеты отечественных КА.

Дмитрий Евгеньевич Охоцимский уделял большое внимание работам по созданию и развитию БЦ Института. Он в полной мере разделял точку зрения М.В.Келдыша, что наш БЦ не должен быть просто мощным вычислительным центром, оперативно выполняющим необходимые расчеты. Центр должен работать в тесном взаимодействии с разработчиками КА, принимая непосредственное участие во всех этапах работ по созданию и испытаниям нового КА. Его важная особенность – тесная связь с ведущими специалистами нашего Института в области механики, управления, программирования, прикладной математики и вычислительной техники, опора на современные высокопроизводительные ЭВМ.

Сотрудниками БЦ разработаны методы автоматического приема, статистической обработки и небесно-механической интерпретации траекторных измерений, оперативно поступающих в БЦ по каналам связи от разне-

сенных по территории страны радиотехнических и оптических измерительных средств. Созданы высокоточные методы определения и прогнозирования параметров движения КА по данным наземных и бортовых траекторных измерений, методы контроля в реальном масштабе времени траекторий выведения КА ракетой-носителем при старте с Земли. Разработаны эффективные методы определения параметров маневров и коррекций траектории, необходимых для сближения и стыковки транспортных кораблей с орбитальной станцией, спуска и посадки на заданный полигон пилотируемых кораблей и потопления грузовых кораблей, выведения автоматических КА в заданные районы Луны и планет. Созданы методы оценки точности навигации и управления полетом КА. Эти методы реализованы в виде программных комплексов.

Вместе с тем Д.Е. видел, насколько напряженными являются для коллектива БЦ круглосуточные работы по оперативному БНО полета и всемерно настаивал на необходимости максимальной автоматизации этих работ. Поэтому в Институте было положено начало новому направлению работ – созданию автоматизированных высокопроизводительных интерактивных аппаратно-программных систем реального времени для БНО управления полетом КА. Для наиболее ответственных и трудоемких участков работ в системах впервые реализованы целевые полностью автоматические режимы работы. Операторы-баллистики выполняют лишь функции контроля за процессами в системе и при необходимости оперативно вмешиваются в них. Достигнутый в системе высокий уровень автоматизации повысил оперативность и надежность управления полетами.

БЦ успешно выполнил работы по баллистико-навигационному обеспечению пятнадцатилетней безупречной службы на орбите гордости российской космонавтики – научно-исследовательского комплекса «Мир». Начиная со станции «Мир» в 1986г. и ее работы на орбите, включая полеты к станции и стыковки с ней пяти научных модулей («Квант», «Квант-2», «Кристалл», «Спектр» и «Природа»), 31 пилотируемого корабля «Союз» и 64 грузовых кораблей «Прогресс», БЦ оперативно и регулярно обрабатывал траекторные измерения. Определял орбиты, прогнозировал движение и рассчитывал параметры маневров каждого из этих космических аппаратов. По данным бортовых измерений проводился выборочный анализ динамики движения орбитального комплекса около центра масс. БЦ Института участвовал в выборе схемы схода комплекса с орбиты, анализе и подготовке к возможным нештатным ситуациям, в баллистико-навигационном обеспечении осуществления выбранной схемы схода. Эти завершающие операции

были уникальны по своей сути и носили исключительно ответственный характер. Работы по баллистико-навигационному обеспечению управления полетом орбитального комплекса «Мир» проводились совместно с ЦНИИ-МАШ и РКК «Энергия».

Баллистический центр ИПМ им. М.В. Келдыша, созданный при непосредственном участии Д.Е. Охоцимского, около пятидесяти лет в тесном взаимодействии с организациями-разработчиками КА – РКК «Энергия», НПО им. С.А. Лавочкина, с ЦНИИМАШ и др. успешно выполнил работы по баллистико-навигационному обеспечению управления полетом всех автоматических аппаратов «Луна», «Венера», «Марс», предназначенных для исследования Луны и планет, аппаратов «Вега», проводивших исследование кометы Галлея, пилотируемых кораблей «Союз», орбитальных станций «Салют» и «Мир», грузовых кораблей «Прогресс», космической системы «Энергия-Буран», автоматических аппаратов научного назначения «Астрон», «Гранат», «Интербол» и др.

После больших успехов нашей страны в исследовании и освоении дальнего космоса – работ, в которых Д.Е. Охоцимский принимал непосредственное участие, он с большой болью воспринимал 16-тилетний перерыв в полетах отечественных КА к Луне и планетам, возникший в связи с тяжелым экономическим положением страны. В это трудное время он всемерно поддерживал наши передовые исследования по механике космического полета и наши усилия по поиску космических проектов, «неотбываемых» в силу фундаментальной научной и важной общественно-политической значимости, которые заставили бы страну вновь выйти в дальний космос. Таким космическим проектом оказался проект доставки на Землю реликтового вещества Солнечной системы – образцов грунта малого небесного тела, естественного спутника Марса Фобоса (проект «Фобос-Грунт», старт к Марсу в 2011г.). Этот проект возник в совместных исследованиях ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, НИИПМиЭ МАИ и НПО им. С.А. Лавочкина и был поддержан ГЕОХИ и ИКИ РАН. В этом проекте ИПМ решал задачи баллистики, навигации и управления полетом на всех этапах полета (рис.14).

Успешное осуществление такого проекта позволило бы восстановить авторитет страны в планетных космических исследованиях. Д.Е. Охоцимский высоко оценил значимость этого проекта, всемерно его поддерживал и пропагандировал.

Д.Е. Охоцимский был талантливым ученым в области механики и процессов управления. Он любил технику и хорошо знал ее возможности. С вычислительной техникой он познакомился, начиная с первой универсаль-

ной ЭВМ БЭСМ-6 (№1), созданной академиком С.А. Лебедевым. Когда появились первые персональные ЭВМ, он, будучи уже в возрасте, быстро адаптировался к ним. У себя в кабинете он организовал «рабочее место» в составе персональной ЭВМ и большого набора внешних устройств. Информационные возможности этого «рабочего места» он все время расширял и пользовался ими до самого последнего времени.

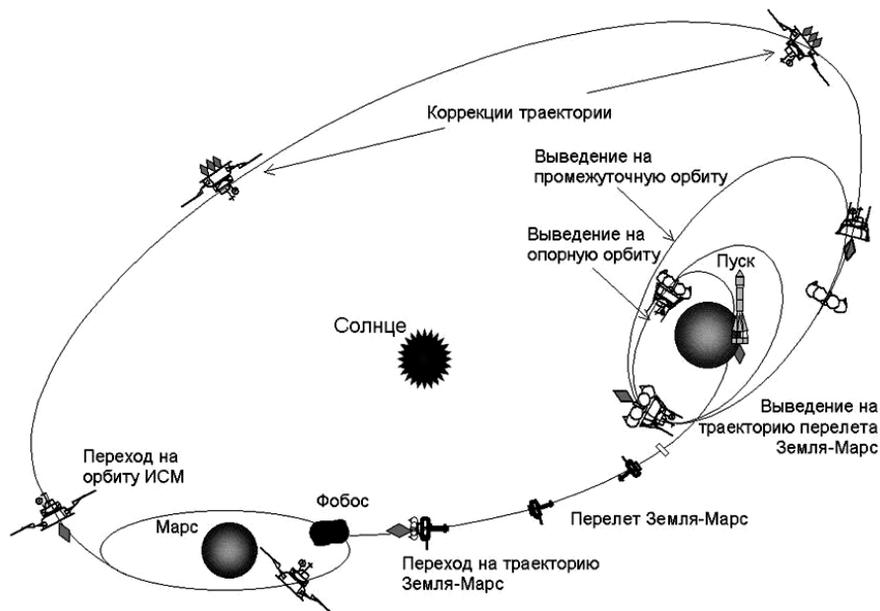


Рис.14. Схема полета КА «Фобос-Грунт».

Дмитрий Евгеньевич не был «бумажным ученым», для которого целью являлось доказательство новых теорем. Он ставил перед собой важную конкретную прикладную задачу и не ограничивался при ее решении математическим моделированием и алгоритмами расчета. Он стремился дополнить модель элементами макетирования, повышая надежность решения. Поэтому Д.Е. Охочимский всегда уделял большое внимание расширению аппаратных возможностей макетирования в отделе и Институте.

Д.Е. Охочимский очень поддерживал новую работу, которую мы начали совместно с промышленностью по созданию высокоточной автономной системы навигации (АСН) ИСЗ по сигналам GPS и ГЛОНАСС. В этой работе мы не только выполнили традиционную для нас часть – исследовали воз-

возможность создания высокоточной АСН, разработали для нее алгоритмы и программы на персональном компьютере, провели математическое моделирование работы систем GPS, ГЛОНАСС и АСН. Мы участвовали в выборе бортовой вычислительной машины АСН, разработали для нее необходимое общее программное обеспечение, специальное программное обеспечение бортовых аппаратных средств: приемника и коррелятора сигналов, АСН. Чтобы обеспечить надежность работы АСН в космических условиях, провели ее отработку на аппаратном имитаторе сигналов GPS и ГЛОНАСС.

Д.Е. Охоцимский был прекрасным организатором работ. У него не было мелочей в работе. Он все знал, все помнил и контролировал. Будучи исключительно дисциплинированным, он был в работе очень требователен к себе и сотрудникам. Эта требовательность сочеталась у него с доброжелательностью и вниманием к сотрудникам, с заботой о них. Если кто-нибудь заболел или возникали другие серьезные обстоятельства, он задействовал все имеющиеся у него рычаги, чтобы оказать помощь. В отделе знали и ценили эти замечательные качества Дмитрия Евгеньевича.

Д.Е. Охоцимский с огромным уважением относился к М.В. Келдышу. Высоко ценил его глубокий ум, мудрость, организаторские способности, тактичность, обязательность. Неукоснительно выполнял его указания. Дмитрий Евгеньевич стремился сохранить в Институте традиции, заложенные М.В. Келдышем. Сохранить высокий научный уровень работ в дружном коллективе Института. Д.Е. любил свой отдел, Институт. Был предан Институту. Гордился его высоким имиджем. Большое внимание он уделял сплоченности коллектива отдела, Института. Руководителям подразделений он часто напоминал слова М.В.Келдыша «надо уметь играть за команду». И Дмитрий Евгеньевич умел «играть за команду». Это был настоящий боец. Он боролся за решение трудных научных задач, которыми он занимался. В тяжелый для страны, Академии и Института период времени он боролся за сохранение Института, единство его коллектива, которое он считал жизненно необходимым. Будучи тяжело больным, находясь в больнице, он по телефону регулярно интересовался делами в Институте, давал советы дирекции, помогал своими связями. Он боролся за жизнь и верил, что вернется в Институт.

Д.Е. Охоцимский уделял много внимания подготовке молодых научных кадров как в ИПИМ, так и в МГУ, где он возглавлял кафедру теоретической механики и мехатроники. У него было много учеников, кандидатов и докторов наук, он был хорошим педагогом и воспитателем научной молодежи. Д.Е. Охоцимским был создан большой, дружный, продуктивно работа-

ющий коллектив ученых, работы которых широко известны в нашей стране и за рубежом. Его научная школа хорошо известна и заслужила мировое признание.

Д.Е. Охоцимский вел большую научно-организационную работу. Он являлся членом бюро Отделения энергетики, проблем машиностроения, механики и процессов управления РАН, членом национальных комитетов по теоретической и прикладной механике, по автоматическому управлению, заместителем председателя Научного Совета РАН по робототехнике и мехатронике. Д.Е. Охоцимский был председателем специализированных Советов в ИПМ и МГУ, вел большую работу по международному научному сотрудничеству. Он был избран иностранным членом Сербской академии наук и искусств.

За выдающиеся заслуги перед государством и наукой в области теории и практики космических полетов академику Д.Е. Охоцимскому присвоено звание Героя Социалистического труда (1961г.), присуждены Ленинская премия (1957г.) и Государственная премия СССР (1970г.). Он был награжден Орденом Ленина (1956г.), Орденом Октябрьской Революции (1975г.), Орденом Трудового Красного Знамени (1970г., 1981г.), многими медалями, среди которых Дмитрий Евгеньевич отмечал медаль «За оборону Москвы». Ему была присуждена Золотая медаль имени М.В. Келдыша.