



ИПМ им.М.В.Келдыша РАН • [Электронная библиотека](#)

[Препринты ИПМ](#) • [Препринт № 55 за 2020 г.](#)



ISSN 2071-2898 (Print)  
ISSN 2071-2901 (Online)

**[Заславский Г.С.](#), [Будинас Б.Л.](#)**

Исторический контекст  
архива  
Платонова-Казаковой и  
организация  
баллистического  
обеспечения полетов  
космических аппаратов

**Рекомендуемая форма библиографической ссылки:** Заславский Г.С., Будинас Б.Л. Исторический контекст архива Платонова-Казаковой и организация баллистического обеспечения полетов космических аппаратов // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2020. № 55. 52 с. <http://doi.org/10.20948/prepr-2020-55>  
URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2020-55>

**Ордена Ленина  
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ  
имени М.В.Келдыша  
Российской академии наук**

**Г.С. Заславский, Б.Л. Будинас**

**Исторический контекст  
архива Платонова-Кзаковой  
и организация  
баллистического обеспечения полетов  
космических аппаратов**

**Москва — 2020**

*Г.С. Заславский, Б.Л. Будинас*

**Исторический контекст архива Платонова-Кзаковой и организация баллистического обеспечения полетов космических аппаратов**

Препринт посвящен описанию космического архива Платонова-Кзаковой, собранному в ИПМ им. Келдыша и охватывающему документы 1950-80-х годов. В общих чертах рассказывается о круге тех космических задач и конкретных космических проектов, работа над которыми породила материалы архива. Рассказывается (очень фрагментарно) и об организационных моментах работы баллистиков, которые нашли свое отражение в этом архиве.

**Ключевые слова:** космические полеты, баллистика, ЭВМ, программирование, первый спутник, Луна, Марс, Венера, архив Платонова-Кзаковой, ИПМ им. М.В.Келдыша

*G.S. Zaslavskii, B.L. Budinas*

**The historical context of the Platonov-Kazakova archive and the organization of ballistic support for spacecraft flights**

The preprint is devoted to the description of the space archive of Platonov-Kazakova, collected at the Keldysh Institute of Applied Mathematics and covering documents from the 1950s to 1980s. A general outline is given of those space tasks and specific space projects, the work on which gave rise to archive materials. The article also describes (very fragmentary) the organizational aspects of the work of ballistics specialists that were reflected in this archive.

**Key words:** space flights, ballistics, computers, programming, first satellite, Moon, Mars, Venus, Platonov-Kazakova archive, Keldysh Institute of Applied Mathematics

## **Введение**

Летом 2019 году из ИПМ им. М.В.Келдыша РАН в архив РАН переданы многочисленные материалы, связанные с баллистическим и навигационным обеспечением отечественных непилотируемых программ космических полетов (архив Платонова-Казаковой). Эти материалы охватывают работы, проводившиеся в ИПМ начиная с 50-х до 80-х годов 20 века.

В препринте кратко описывается исторический контекст этих материалов – к каким космическим программам освоения космического пространства и конкретно к каким полетам документы архива относятся. Рассказывается об организационных моментах баллистического и навигационного обеспечения в СССР и в ИПМ РАН в частности.

Наше дальнейшее изложение во многом будет опираться на цитаты из разнообразных источников – книг, препринтов, статей, видеоматериалов, воспоминаний участников рассматриваемых событий. Начало и конец цитаты мы помечаем `***` и `*****` соответственно. После фамилии автора цитаты мы пишем организацию, которую он представлял. Если организация не написана, то это был сотрудник ИПМ им. М.В.Келдыша. Подобным образом мы помечаем и некоторую другую информацию.

## **1 Об Архиве Платонова-Казаковой (Архив П-К)**

### **1.1 Кратко о материалах Архива П-К**

Архив Платонова-Казаковой содержит материалы 50-80-х годов XX века – первых десятилетий практического освоения космоса. Материалы касаются математического и программного обеспечения космических полетов. Уже создавались мощные баллистические ракеты, способные летать в космическом пространстве. От общих теоретических рассуждений типа формулы Циолковского или гомановских траекторий нужно было перейти к уточнению теоретических представлений и к практическим расчетам, для которых тогда только появлялась новая вычислительная техника – электронно-вычислительные машины, без которых эти расчеты были бы невозможны.

Математические задачи, возникшие с началом космических полетов, были во многом новыми для математиков и механиков. Решением этих задач фактически создавался новый раздел небесной механики – прикладная небесная механика. Знаменитая советская математическая школа 20-го века – это не только работы в области теоретической математики, но также и в области прикладной математики, в том числе и небесной механики.

\\*\*\*Т.М. Энеев (2000-е годы)

Космический полет – дело сложное. Главное, конечно, это инженерная задача создания самой конструкции ракеты, но там много и теоретических задач. Первое – это баллистика: расчет траектории полета – это непростая задача до сих пор. А потом надо управлять этим полетом – тут тоже много теоретических вопросов. Наш институт занимался баллистическим проектированием: с учетом конкретных конструктивных данных ракеты разрабатывал вопросы, связанные с траекторией ее полета и с управлением ракетой в процессе ее полета. \*\*\*\*\*\

Здесь, говоря о ракете, Тимур Магомедович, конечно, имеет в виду и космические аппараты (КА) с ракетными двигателями.

\\*\*\*Д.Е. Охоцимский

Никогда в небесной механике не стояла задача проектирования. Спутники – они как летали, так и летают от бога, можно их регистрировать, исследовать, смотреть их эволюцию. Но чтобы создавать специально спутник, который имел бы нужные свойства и что-то там выполнял – эта задача астрономам казалась дикой.

Когда мы спросили, как надо двигаться спутнику Луны для того, чтобы получить наиболее хорошее представление о гравитационном поле Луны, реакция была – "это дичь какая-то". \*\*\*\*\*\

Материалы Архива П-К касаются полетов первых советских спутников конца 1950-х годов, полетов к Луне в 50-70-х гг., к планетам Марсу и Венере в 60-70-е годы, к комете Галлея в 1986 году. В Архиве П-К имеется совсем немного материалов начала 50-х годов и несколько папок с результатами расчетов по крылатым ракетам Буря и Буран.

Ряд материалов носит подготовительный характер: например, пакет программ по небесной механике, интерактивные программы с использованием графического экрана и светового пера, исследовательские расчеты по полетам к астероидам и кометам и пр.

Архив начинается с материалов по первым советским спутникам. Это отечественные и зарубежные телеграммы об оптических наблюдениях первых спутников, а также материалы по компьютерной обработке этих наблюдений.

\\*\*\*А.К. Платонов

Впервые проблема определения орбиты возникла на спутниках. Мы втроем, Тимур Магомедович Энеев, Раиса Константиновна Казакова и я, впервые пробовали определить орбиту по измерениям на вычислительной машине «Стрела» (1024 ячейки памяти для хранения команд и данных и быстрое действие 2 тыс. операций в секунду).

Я полагаю, что эта работа была одной из самых удачных в моей жизни. На ней были найдены методы обработки траекторных измерений. \*\*\*\*\*\

Разработкой и развитием методов, апробированных на этой задаче, в ИПМ в дальнейшем занимался Э.Л. Аким и его группа траекторных измерений и прогноза полета космических аппаратов. А.К. Платонов и Р.К. Казакова переключились на задачи управления полетом космических аппаратов.

Архив П-К содержит многочисленные материалы, связанные с использованием электронно-вычислительных машин (ЭВМ) при исследованиях и построениях траекторий КА. Это – заполненные бланки программ для ЭВМ, перфокарты, распечатки текстов программ, многочисленные распечатки результатов расчетов по программам, инструкции к программам, журналы работ на ЭВМ, формы-телеграммы, которыми обменивался баллистический центр ИПМ с другими баллистическими центрами (БЦ) и др.

Содержимое архива является материальным свидетельством той огромной научной, вычислительной и программистской работы, обеспечивавшей пуски советских космических аппаратов.

В архиве имеются отдельные рукописные документы с математическими выкладками, предшествовавшими разработке алгоритмов и написанию программ.

Документы Архива П-К касаются почти всех отечественных программ непилотируемых космических полетов КА в 50-70-е годы XX века.

О возникавших в их работе проблемах, связанных с баллистикой и программированием, А.К. Платонов и Р.К. Казакова рассказали в двух препринтах ИПМ «Создание проектного и оперативного баллистического обеспечения полётов космических аппаратов», препринты ИПМ №37, №38, 2014 [1, 2].

Здесь мы, авторы настоящей публикации, постараемся в общих чертах рассказать о тех задачах и конкретных космических проектах, работа над которыми породила материалы архива Платонова-Казаковой – то есть постараемся встроить материалы архива в исторический контекст космических исследований тех лет.

Мы также расскажем (конечно, очень фрагментарно) об организационных моментах работы отечественных баллистиков: как взаимодействовали баллистические службы разных организаций страны между собой, в каких непростых условиях люди тогда работали, каким было программирование в те годы. Все это можно проследить в документах архива Платонова-Казаковой (частично об этом говорится и в упомянутых препринтах).

Из документов Архива П-К видно, насколько важной считалась эта работа, с какой самоотдачей и энтузиазмом выполнялась она – ведь делались самые первые шаги в совершенно новой области науки, в области исследований космоса с помощью запусков космических аппаратов.

Указанная работа выполнялась людьми, привыкшими к постоянным жизненным трудностям, хорошо помнившими годы Великой Отечественной войны и послевоенные годы. В сейфе Платонова и Казаковой, по всей видимости, находились самые ценные для них материалы – описания компьютерных программ начала 60-х годов. Последней из сейфа была извлечена довольно большая крепко перевязанная коробка. В коробке оказалось хозяйственное и детское мыло. Видимо, эти запасы делались в лихие 90-е годы, когда раздавались голоса о надвигающейся полной разрухе в стране. В статье, написанной о старой работе 70-80-х годов по расчетам траекторий полетов к кометам, Р.К. Казакова писала: "Мы привычно работали на будущее, которого у нас, к сожалению, не оказалось..."

Значительная часть Архива Платонова-Казаковой относится к советской программе Е-6 посадки КА на Луну, по которой и А.К. Платонов, и Р.К. Казакова много лет работали. За успешную мягкую посадку на Луну в 1966 году многие ученые, в том числе и Александр Константинович Платонов, получили Ленинскую премию. В честь А.К. Платонова и Р.К. Казаковой названы малые планеты Солнечной системы (№9549 Akplatonov, №8983 Raya kazakova).

Мы благодарим Дмитрия Журавлева за помощь в создании Архива П-К. Он был знаком с А.К. Платоновым и обсуждал с ним некоторые вопросы робототехники, которой в «космическом» отделе №5 ИПМ стали заниматься на рубеже 60-х и 70-х годов.

Мы благодарим сотрудников Архива РАН Татьяну Лаптеву и Ольгу Селиванову за проявленный интерес к Архиву П-К. Без этого интереса мы вряд ли бы собрали этот архив.

## 1.2 История Архива П-К

Институт прикладной математики ИПМ (до 1965 года ОПМ – Отделение прикладной математики Математического Института им. В.А.Стеклова), где работали Платонов (пришёл в 1957 году) и Казакова, с самого своего основания в 1953 году занимался военной ракетной тематикой.

Еще до возникновения института ряд будущих сотрудников ИПМ работали по этой тематике в двух местах: в отделе механики Математического Института им. В.А.Стеклова (там работала Р.К. Казакова) и в НИИ-1 (бывший РНИИ – Ракетный НИИ, который вырос из ГИРДа; там работал А.К. Платонов). В обоих местах они работали под руководством М.В. Келдыша и объединились в ОПМ (ИПМ) в так называемом "космическом" отделе №5, которым заведовал Д.Е. Охоцимский. Вскоре отдел стал самым большим в институте - до 150 человек, а в момент основания института в нем было всего 6 научных сотрудников. В состав отдела входил и баллистический центр (БЦ), образованный в 1965 году. "Моя команда" – так называл лидеров этого отдела М.В. Келдыш.

В 2007 году исполнилось 50 лет первому Спутнику Земли. К этому юбилею Александр Константинович Платонов сделал доклад на Ученом Совете Института. Он рассказывал о том, как история создания первого Спутника видится из нашего института. На основе этого доклада был создан видеофильм «Рах Sputnika» («Мир Спутника»), размещенный на сайте ИПМ [3].

Через некоторое время после доклада Платонова Раиса Константиновна Казакова повела одного из авторов этой статьи в подвал института и показала металлические шкафы, заполненные различными материалами, оставшимися после работ по космической тематике в 50-80-е годы. Возможно ценнейшая часть этих материалов, которую сохранила Р.К. Казакова, и составляет Архив Платонова-Казаковой.

Архив П-К – это преимущественно документы, которые относятся к работе группы А.К. Платонова и, видимо, в меньшей степени, других групп космического отдела. Р.К. Казакова в основном занималась программированием, в Архиве имеются несколько тетрадей начала 50-х годов с ее конспектами лекций по программированию. Как пишет А.К. Платонов, его научила программировать Р.К. Казакова. По-видимому, первой ее работой на ЭВМ был расчет атомного взрыва в атмосфере (в целом исследование выполнено Д.Е. Охоцимским, Р.К. Казаковой и З.П. Власовой). Отчет Д.Е. Охоцимского и Р.К. Казаковой 1956 г. об этой работе тоже есть в Архиве П-К.

В Архиве есть папка с перечнем программ для КА МАРС-73. Вот фамилии сотрудников отдела №5 Института, участвовавших в создании этих программ: В.П. Гончар, Н.С. Малинина, Т.И. Фролова, В.К. Шелухина, Л.Т. Громова, К.Л. Волкова. Фамилии Казаковой там нет, потому что она занималась сборкой всего комплекса программ для баллистического обеспечения полета КА МАРС-73. Она и Платонов были как бы идеологами этого программного комплекса. Возможно, это не полный список программистов, чьи программы входят в Архив П-К.

Материалы Архива П-К первоначально хранились в больших металлических шкафах в подвальном этаже главного здания ИПМ. Наиболее ценные, как ей казалось, материалы Р.К. Казакова помещала в маленькую комнатку подвала. Во время ремонта здания материалы из этой комнатки были перенесены в рабочий кабинет Платонова и Казаковой и потом (уже без них) там рассортированы. В шкафах и в сейфе их кабинета были найдены дополнительные материалы, в основном относящиеся к началу 60-х годов, когда создавались первые версии комплексов программ для баллистического обеспечения дальних космических полетов.

\\*\*\*А.К.Платонов - о создании архива (2005 год)



В ИПМ необходимо создание научного архива по космической тематике. Это обусловлено необходимостью установления приоритета страны и института в постановке задач и проведении многочисленных полетов космических аппаратов. В период бурного развития космической тематики с конца 50-х годов, в 60-е и 70-е годы у исполнителей этих задач не было физической возможности оформить должным образом эти работы. Большинство математических методик и оригинальных программных решений так и остались только в виде заданий на программирование и инструкций к проведению расчетов на ЭВМ. \*\*\*\*\*\\

Очень важен вопрос описания Архива П-К. Насколько подробным должно быть такое описание? Насколько возможно подробное описание сделать в наше время? В Архиве П-К есть свидетельства того, что Р.К. Казакова пробовала начинать такую работу.

Предлагаемое в этой работе описание Архива П-К не есть подробное описание каждого документа. По-видимому, дать подробное описание просто невозможно – по разным причинам (закрытость исследований, экономия машинной памяти и пр.) в документах не указываются необходимые для детальной расшифровки данные. Собственно, поэтому эти документы оставались открытыми и сохранились.

Вот несколько комментариев по поводу некоторых документов этого архива.

\\\*\*\*В.А. Сарычев

К сожалению, представленные материалы трудно понимаемы. Отсутствие уравнений движения межконтинентальных крылатых ракет и четких обозначений параметров делает расшифровку материалов практически невозможной. \*\*\*\*\*\\

\\\*\*\*Г.С. Заславский

Мы старались экономить каждую ячейку памяти, поэтому время считали в секундах от какого-то момента, согласованного заранее, например, со старта ракеты. Каждый вычислительный центр этот момент определял по-своему, размерности тоже были у каждого свои, например, скорость м/с или см/с. Поэтому детально разобраться в этих колонках цифр сейчас затруднительно.

Конечно, Платонов и Казакова что-то могли бы сказать. У каждого баллистического центра были свои любимые обозначения, мы даже иногда спорили об этом с М.Л. Лидовым – одним удобно одни обозначения, другим – другие.

Была секретность, мы из-за этого могли цифры какого-то числа, например, уставки (некоторой величины, засылаемой на борт КА), писать задом наперед. \*\*\*\*\*\\

Нам кажется, что детальная расшифровка материалов не всегда необходима – математические методы ушли вперед, вычислительные машины уже совсем другие. Можно, например, знать трудности программирования в те годы, но необязательно восстанавливать все детали этих трудностей. Достаточно ограничиться пониманием содержания имеющихся документов, не вдаваясь в детали.

А.К. Платонов и Р.К. Казакова успели кое-что рассказать о работах 50-х годов. Эти рассказы были достаточно редки; А.К. Платонов говорил, что он не хотел бы узурпировать роль свидетеля «начала космической эпохи», и есть еще другие люди, помнящие то время. О работах 60-70-х годов рассказал Г.С. Заславский, который в 1972 году переводом из ЦНИИмаш поступил на работу в ИПМ. С 1962 года в ЦНИИмаш он занимался теми же задачами, что и А.К. Платонов, и очень тесно сотрудничал с ИПМ. ЦНИИмаш – это бывший НИИ-88 Министерства вооружений, там с 1946 года С.П. Королев руководил отделом, впоследствии преобразованным в Особое конструкторское бюро №1 (ОКБ-1, сегодня РКК «Энергия»).

Материалы Архива П-К были рассортированы по большим картонным коробкам (всего 38 коробок) и летом 2019 года сданы в Архив РАН. Коробки сгруппированы по темам, примерно соответствующим тем темам, о которых мы пишем в этой статье.

Одна сотрудница Архива РАН, поглядев на компьютерные распечатки 1957 года, сказала: «У нас недавно была выставка, на которой мы демонстрировали новгородские берестяные грамоты. Эти ваши бумаги можно было бы положить на выставке рядом с ними».

Документы архива П-К можно рассматривать не только как промежуточные этапы решения конкретных баллистических задач, но и просто как материальное свидетельство эпохи, которую называли «началом покорения космического пространства».

В этой первой части описания Архива П-К мы вкратце рассказываем о космических программах, к которым документы Архива П-К имеют прямое отношение, а также об организации баллистической службы, что тоже нашло отражение в документах этого архива. В следующей части описания Архива П-К мы уточним, какого рода документы в каких частях архива находятся.

## **2. Задачи конца 50-х и начала 60-х годов в Архиве П-К**

### **2.1 Крылатые ракеты Буря и Буран**

А.К. Платонов работал по этой теме в НИИ-1, а потом в ИПМ. В Архиве П-К имеется один пакет с документами по крылатым ракетам Буре и Бурану.

\\*\*\*В Архиве П-К (В.А.Сарычев)

Руководителем работ по межконтинентальной крылатой ракете (МКР) Буря был С.А. Лавочкин, по МКР Буран – В.М. Мясищев. В рассмотренных материалах Архива П-К содержится краткая информация о решении задач отделения ускорителей от ракет (задачи расцепки): отделения двух ускорителей МКР Буря и четырех ускорителей МКР Буран в конце активного участка выведения маршевой ступени ракеты.

В этих материалах приведены: 1) краткая информация об аэродинамических характеристиках МКР Буря; 2) программа для БЭСМ-1 расчета динамики отделения ускорителей; 3) ленты с результатами расчетов на ЭВМ. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Б.Е. Черток (ОКБ-1)

Какой быть ракете: баллистической или крылатой? Следовало проанализировать оба варианта... Разведка подбросила еще одну новость. В США начали разработку дальнего автоматического беспилотного аппарата по программе «Навахо». Скупые сведения об этой программе подтверждали, что «Навахо» – крылатая ракета с дальностью порядка 4-5 тыс. километров.

Постановление о разработке межконтинентальных крылатых ракет – носителей ядерного заряда, вышло в 1954 году. Оно предусматривало работу над двумя ракетами: более легкая «Буря» и тяжелая – «Буран». Составная ракета «Буря» имела первую ступень на ЖРД (жидкостный ракетный двигатель), маршевый прямоточный двигатель (в нем набегающий воздух использовался как окислитель) разрабатывался у Келдыша в НИИ-1. Управлять крылатой ракетой нужно по всей траектории до самой цели. Келдыш, как начальник НИИ-1, отвечал и за создание системы астронавигации (ориентация по звездам). На маршевом участке высота полета – 17,5 км, скорость – три скорости звука, дальность 8 тыс.км.

Было много проблем, но их все удалось преодолеть. В Куйбышеве запустили первую серию из 19 ракет. Их летные испытания начались только в 1959 году. С первого раза крылатая «Буря» слушала своего звездного штурмана, но из-за различных отказов в полете не удалось определить конечную дальность и точность. Прямоточный двигатель работал устойчиво, но расход топлива превосходил все наземные расчеты. Для руководства это было хорошим поводом закрыть работу. К этому времени ракету Королева Р-7 уже приняли на вооружение. \*\*\*\*\*\

## 2.2 1957 – Спутник

В 1953 году был объявлен Международный Геофизический Год 1957-1958 (МГГ) – год, в течение которого в мире проводились согласованные геофизические исследования по единой программе и методике.

1954 – Совет Министров СССР принял решение об участии в МГГ. Сопровождение у М.В. Келдыша, посвященное спутнику. Президиум АН одобрил докладную записку М.К. Тихонравова о спутнике.

1954 – по предложению США руководство МГГ призвало страны, участвовавшие в МГГ, запустить спутник Земли.

1955 – создана комиссия АН СССР по межпланетным сообщениям, заявлено: "Запуск спутника можно ожидать в ближайшем будущем".

1955 – на американском телевидении появился сюжет «Человек в космосе» с участием фон Брауна и других американских ученых, где было объявлено: полет человека в космос с его возвращением на Землю возможен лет через 10.

1955 – пресс-секретарь президента США объявил о планируемом запуске спутника в МГГ.

1956 – Секретное постановление Совета Министров о создании спутника. Выступления М.В. Келдыша в АН СССР о запуске спутника. О спутнике пишут в советской прессе.

1957, июль – Нью Йорк Таймс: "...русские находятся на ранней ступени испытания двигателей и на самой ранней стадии конструирования ракеты."

В то время в США разрабатывались три межконтинентальные ракеты (для армии, ВВС, ВМС). В СССР разрабатывалась одна – но более мощная – ракета как носитель атомного оружия.

\\*\*\*Б.Е. Черток

... Учитывая наше отставание в авиационной технике, надо было спешить развернуть новые виды вооружения, в первую очередь ракеты. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Д.Е. Охоцимский

...Американцы тоже разрабатывали небольшой, маленький такой спутник "Авангард". Но как-то он у них шел ни шатко, ни валко, потому что никаких особых стимулов финансировать эти работы не было. А здесь были такие могучие генераторы, как Королев и Келдыш, которые это все дело и прорыли. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Б.В. Раушенбах

Почему советский спутник оказался первым в космосе? Да потому, что у американцев были базы в Европе для военно-воздушных сил. Они могли бомбить Москву с европейских баз обычными самолетами. А мы не могли ответить Америке ничем... У нас был огромный стимул. Соревнование это было политическим, но нам было не до политики, нас интересовало соревнование разработчиков. У них мыслили разработчики, и у нас они мыслили, и вот, не вступая в прямой контакт, мы изредка обменивались информацией на ученых

конференциях и при этом старались – и мы, и они – все-таки обойти друг друга.  
 \*\*\*\*\*\

4 октября 1957 года в СССР был запущен первый искусственный спутник Земли (ИСЗ), в ноябре – второй, в мае 58-го – третий.

\\*\*\*В Архиве П-К

Имеется много материалов, связанных с полетами первых спутников. Это телеграммы из разных мест нашей страны и из-за рубежа о наблюдениях первых спутников, журналы приема информации, инструкции к программам, папки с распечатками введенных в ЭВМ данных. Эти данные группировались в пакеты, потом они обрабатывались на ЭВМ – в Архиве ПК имеются распечатки пакетов. Также имеются распечатки результатов расчетов по разным программам (папки с надписью ПРОСЧЕТЫ). \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Т.М. Энеев

После запуска первого искусственного спутника Земли фронт руководимых М.В. Келдышем работ в ОПМ МИАН существенно расширился, и в последующие годы в механике космического полета практически не было более или менее серьезных вопросов, которые в той или иной мере не были затронуты М.В.Келдышем и его "командой". \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Д.Е. Охоцимский

И был запуск, исторический запуск 4 октября 1957 года. Эффект от этого запуска был потрясающий. Весь мир просто аплодировал ему. Люди выходили на улицы. Никто из разработчиков не ожидал такого резонанса. Резонанс был в стране, резонанс был в мире. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Из книги: Стивен Амброс "Эйзенхауэр. Солдат и Президент"

В США Спутник повлек за собой невообразимый рост требований на выделение все больших и больших средств на космические исследования и разработку ракетной техники, на вооруженные силы обычного типа, на федеральную поддержку исследований ...

Почти все американцы хотели быть "первыми" во всем. Это обстоятельство помогает объяснить избыточную реакцию американцев на спутник.

Но Эйзенхауэр сказал "нет" и продолжал так говорить до конца своего срока (1960). "Я не вижу ничего столь значительного, что вызвало бы обеспокоенность с точки зрения безопасности"... "Если мы должны будем прибегнуть к чему-либо напоминающему казарменное государство, то все, что мы жаждем защищать... может исчезнуть".

1957 год был годом экономического спада в США.

"Послушайте, наконец! — взорвался Эйзенхауэр. — Я тоже хочу знать, что находится на обратной стороне Луны, но я не буду платить за то, чтобы узнать это в текущем году". \*\*\*\*\*\\

\\\*\*\*А.К. Платонов

После запуска первого искусственного спутника Земли (ИСЗ) М.В. Келдыш, обсуждая с Д.Е. Охоцимским и Т.М. Энеевым проблемы подготовки к пуску объекта Д – «академического» научного третьего спутника, поставил задачу попытаться определить параметры орбиты ИСЗ на установленной в ОПМ (ИПМ) вычислительной машине «Стрела».

Для обеспечения работ с первым Советским ИСЗ был создан почтовый ящик "Спутник". Уже через несколько дней в адрес "Москва, Спутник"... пришло столько писем и телеграмм из СССР и зарубежных стран, что сотрудники телеграфа забили тревогу. Все получаемые данные отправлялись в центр обработки данных в НИИ-4, где определялась трасса и период обращения спутника.

В ОПМ была немедленно сформирована бригада в составе: Т.М. Энеев, А.К. Платонов, Р.К. Казакова. А в НИИ-4 был отправлен твёрдый по характеру В.А.Егоров с заданием добиться установления телеграфной связи НИИ-4 с ОПМ для передачи получаемых данных наблюдений спутника. \*\*\*\*\*\\

НИИ-4 – это крупнейшая научная организация Министерства обороны. Она создавалась в 1946 году как научно-исследовательский реактивный институт Главного артиллерийского управления.

\\\*\*\*А.В. Брыков (НИИ-4)

У нас в НИИ-4 был создан координационно-вычислительный центр (КВЦ). Начал он свою работу с подготовки к пуску первого искусственного спутника Земли. Работами руководил П.Е. Эльясберг.

Основу КВЦ составляли три группы баллистиков и отделение вычислителей. Первая группа должна была заниматься определением орбиты и прогнозированием движения спутника, вторая – анализом измерений, их оценкой и приведением к виду, удобному для использования в первой группе, третья – расчетом целеуказаний. Техническая база у нас была несложной – планшеты, линейки, измерительные принадлежности, лекала и карты составляли ее арсенал. Сидели все тогда в одной большой комнате – бывшем конференц-зале. В центре стоял огромный квадратный стол с картами и документами. К нему примыкал стол баллистиков первой группы. Тут же сидели и связисты. Имелся еще «машинный» зал – помещение, где десять девушек должны были вести расчеты на клавишных машинах. \*\*\*\*\*\\

Группе Энеева–Платонова–Казаковой нужно было найти чисто формальные методы определения параметров орбиты спутника на

вычислительной машине. Это исторически первая такая работа – просто до них ничего рукотворного в космосе не летало.

Математическое содержание своей работы Энеев, Платонов и Казакова описали в статье в №4 журнала "Искусственные спутники Земли", 1960 [4]. Платонов и Казакова в 2002 году изложили свои воспоминания об этой работе в Вестнике Российской Академии наук [5].

С появлением вычислительных машин в НИИ-4 тоже была выполнена аналогичная работа под руководством П.Е. Эльясберга. Статья об этой работе опубликована в том же номере журнала "Искусственные спутники" Земли, что и статья Т.М. Энеева, А.К. Платонова и Р.К. Казаковой.

Постепенно в СССР, США и других странах возникли службы наблюдения за околоземным космическим пространством – сейчас они отслеживают десятки тысяч объектов. И, естественно, это делается только благодаря ЭВМ. Материалы Архива П-К говорят о первых шагах в этом направлении. Сейчас, как и в материалах Архива П-К, широко используются оптические методы наблюдения, идет слежение не только за активными работающими КА, но и за фрагментами космического мусора.

Задача определения параметров орбиты спутника вокруг Земли естественно перешла в задачу определения параметров траектории КА при совершении дальних космических полетов к Луне и планетам. Для уверенного управления КА важно знать, с какой точностью определяются эти параметры. Фактически баллистики рассматривают не отдельные траектории, а пучки возможных траекторий с учетом ошибок определения параметров траекторий.

На полет КА влияют разные факторы - световое давление, атмосфера планеты, поля тяготения небесных тел, и др. Модель движения КА усложнялась, в нее вводились параметры, учитывающие эти факторы.

В дальнейшем задача определения траектории по известным измерениям КА в разные моменты времени трансформировалась в более общую задачу: определить неизвестные параметры не только самой траектории, но и другие параметры, влияющие на полет КА.

В таком более общем виде задача была сформулирована и был предложен метод ее решения в статье Э.Л. Акима и Т.М. Энеева в 1963 году в журнале «Космические исследования» [6]. Измерения могли быть самыми разными: например, радиальная скорость КА (она определяется, используя доплеровский эффект), угол между направлением на КА и некоторым известным направлением или даже измерения, принятые с самого КА.

Предложенным методом по измерениям спутника Луны в 1966 году были уточнены параметры поля тяготения Луны [7].

\\*\*\*А.К. Платонов

Когда, наконец, мы получили желанную орбиту спутника, она привела нас в шоковое состояние. Оказалось, что в южном полушарии орбита проходила... под поверхностью Земли. Это, конечно, не могло быть правдой .... Мы обнаружили, что в измерениях присутствовали ошибки времени их выполнения, доходившие до 5 секунд (около 40 км вдоль орбиты)! При таких ошибках и с учетом малой доступной базы измерений (лишь в пределах территории Советского Союза) точное вычисление эксцентриситета орбиты практически невозможно. Стала очевидной необходимость создания системы единого времени на пунктах наблюдения, что очень непросто, если пункты находятся достаточно далеко, например на разных континентах. Кроме того, потребовалась организация измерений в южных широтах. Пришлось создавать корабельные пункты наблюдений, разрабатывать алгоритмы и программные средства для оперативного анализа и отбраковки ошибочных измерений. \*\*\*\*\*\

Вращающийся вокруг Земли спутник тормозится в ее атмосфере и, следовательно, постепенно снижается. Поэтому стояла задача определить, через какое время спутник прекратит свое существование в зависимости от параметров орбиты, на которую он был выведен.

\\*\*\*В Архиве П-К

Имеется большая тетрадь, датированная 1956 годом и принадлежавшая Г.П. Таратыновой. На ее страницы наклеены узкие ленты компьютерной печати с колонками цифр. По-видимому (по словам А.К. Платонова), это расчеты, которые проводила Г.П. Таратынова для исследования времени существования спутника (статья Охоцимского, Энеева и Таратыновой была опубликована в 1957 году [22]). \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Д.Е. Охоцимский, Т.М. Энеев

В 1954 году, примерно в середине февраля, Мстислав Всеволодович Келдыш собрал специальное совещание, посвященное спутнику, на которое пригласил ведущих ученых. После этого совещания работа закипела уже с большой интенсивностью...

И после 1954 года у нас были проведены расчеты по времени существования спутника. Мы вместе с Г.П. Таратыновой сделали очень хорошую работу по расчету времени существования спутника в атмосфере.

Для оценки времени движения спутника по эллиптическим орбитам применялись различные приближенные методы, эти методы не давали полного решения задачи в общем случае и могли приводить к существенным ошибкам.

Там на самом деле была тонкость: как производить осреднение. А мы дали такой способ, который позволил свести дело к таблицам и к простым расчетам – универсальные таблицы. Можно было с помощью простого умножения и



деления определить время существования спутника. В зависимости от модели атмосферы. \*\*\*\*\*\\

\\\*\*\*В Архиве П-К

Имеется несколько материалов 50-х годов, связанных с американской космической программой.

Перевод знаменитого выпуска американского журнала Collier's March 22, 1952, "Man Will Conquer Space Soon" со статьями о будущих космических полетах (среди авторов – Вернер фон Браун). Особо интересные места статей подчеркнуты, возможно, перед тем, как дать их на просмотр М.В.Келдышу.

В декабре 1957 года в США была неудачная попытка запуска спутника. Первого февраля 1958 года запущен первый американский искусственный спутник Земли Эксплорер-1.

**СПРАВКА ОБ АМЕРИКАНСКОМ СПУТНИКЕ "ИССЛЕДОВАТЕЛЬ"** (Эксплорер-1, 1 февраля 1958 г.), написанная на основе открытых американских источников. Составитель неизвестен.

Фрагмент: "Данные, переданные американской стороной, получены на основании расчетов, выполненных на электронно-вычислительных машинах в Морской Научно-исследовательской лаборатории по обработке 17 и 32 витков соответственно.

Получение лишь через несколько дней надежных результатов о периоде обращения спутника свидетельствует об отсутствии в США оперативной методики определения элементов орбиты, применявшейся в СССР". \*\*\*\*\*\\

На основе данных первого американского спутника Ван Аленом был обнаружен радиационный пояс Земли. Исследования радиационных поясов Земли активно продолжались с помощью американских и советских КА.

### **2.3 1959 – Луна**

В 1959 году советские КА совершили два успешных полета к Луне: в сентябре Луна-2 достигла поверхности Луны (попадание в Луну), а в октябре Луна-3 сфотографировала обратную – невидимую с Земли – сторону Луны и передала снимки на Землю.

\\\*\*\*В Архиве П-К

Имеются материалы, связанные с полетами к Луне в 1959 году: это два больших альбома графиков на миллиметровой бумаге (1958 г.) и несколько документов о Вс.А. Егорове, начавшем исследования полетов к Луне еще в 1953 году. \*\*\*\*\*\\

\\*\*\*Б.Е. Черток (ОКБ-1)

Не мы, а Келдыш предложил несколько проектов для автоматических лунных аппаратов. Первый имел шифр Е-2 – это прямое попадание в Луну. Второй – облет Луны и фотографирование Луны.

Программа Е-6, венец нашей лунной деятельности, предусматривала не позднее 1964 года мягкую посадку и передачу на Землю панорамы лунного ландшафта (о программе Е-6 см. ниже). \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Из Западных газет

К сожалению, справедливо и то, что этот успешный запуск ракеты на Луну (1959 г.) создает осложнения. Ракета, которая может попасть в Луну, доказывает, что другие ракеты могут достичь любой точки земного шара с более смертоносным грузом и с такой же точностью. Космическая кабина с вымпелом – это нечто вроде "демонстрационного флага", как это делали военно-морские корабли на земных морях. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*В.В. Белецкий

Профессор Всеволод Александрович Егоров, лауреат Ленинской премии, – автор всемирно известных пионерских работ по динамике полетов к Луне. В его распоряжение была отдана маломощная СЦМ (специализированная цифровая машина), имевшая быстродействие 100 операций в секунду и оперативную память 64 ячейки. И на этой машине Егоров демонстрировал чудеса вычислений лунных траекторий.

Метод, примененный Егоровым, позволяет строить сложные траектории задачи трех тел очень простыми средствами. Егоровым были рассчитаны, проанализированы и описаны сотни траекторий лунных перелетов, составлена полная классификация траекторий сближения с Луной. \*\*\*\*\*\

Свои результаты по задачам динамики полета к Луне Вс.А. Егоров опубликовал в 1957 году [24].

Нам кажется, что особую ценность представляют имеющиеся в Архиве П-К фотографии празднования нового 1955 года сотрудниками отдела №5 ИПМ. По рассказам А.К. Платонова, Егоров куда-то исчез и появился в одежде "космонавта" - в прорезиненном костюме с противогазом. На обороте одной фотографии надпись – "Некоторые думают: от хорошей жизни на Луну не полетишь... Но это не так! - Вс. Егоров, 31.01.55".

Международным Астрономическим Союзом 28 марта 2002 года малой планете № 8450 присвоено имя Егоров в честь Всеволода Александровича Егорова. Из официального сообщения этого Союза: " Всеволод Александрович Егоров (1930-2002) – один из основателей современной теории динамики космического полета... Он был первым исследователем траекторий перелетов Земля-Луна".

Фактически космические полеты 50-х годов – это демонстрация возможностей боевой ракеты Р-7 с некоторыми доработками (например, системой астроориентации Б.В. Раушенбаха).

Первые космические полеты 50-х годов были полетами с так называемым непрерывным разгонным участком (метод непрерывного старта): работали без перерывов две (для спутника) или три (для полета к Луне) ступени ракеты. Если все три ступени ракеты отработывали правильно, что в 50-е и в начале 60-х случалось не всегда, ракета выходила на близкую к расчетной траекторию, и дальше в ее полет нельзя было вмешаться – это был пуск "стреляем и ждем".

Тогда еще не было двигателей, которые могли бы запускаться в невесомости и управлять движением ракеты – в невесомости возникало неустойчивое горение жидкого топлива.

Один из результатов Егорова состоял в том, что ошибки, с которыми ракета Р-7 выводила КА на траекторию полета к Луне, не являются помехой для попадания в Луну. Возможность достижения Луны связана с относительной близостью Луны – время полета было всего нескольких суток.

\\*\*\*В Архиве П-К

Среди графиков в двух больших альбомах в Архиве П-К – знаменитый "Паук" Егорова. "Паук" – это графическое изображение того, как меняется точка попадания КА в диск Луны в зависимости от отклонений параметров старта (т.е. от ошибок выведения). Например, одна линия на "пауке" показывает, куда будет попадать КА в зависимости от задержки момента старта ракеты. Другая – как сдвигается точка попадания в диск Луны в зависимости от отклонения времени выключения двигателя ракеты от расчетного времени и т.д. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*В.А. Егоров, Д.Е. Охоцкий, Г.П. Таратынова

Из отчета ИПМ № 305, 1958 г. "Исследование задачи попадания в Луну с территории СССР".

Анализ пассивного участка траекторий полета к Луне в плоскости ее орбиты, проведенный в ОПМ МИАН АН СССР (ИПМ РАН) в 1953-57 гг., позволил выяснить, каковы должны быть начальные данные для траекторий и каково для них влияние ошибок в начальных данных. В частности было выяснено, что в задаче попадания в Луну траектория с горизонтальным направлением начальной скорости энергетически выгоднее других траекторий, лежащих в плоскости лунной орбиты, так как для них потери на силу тяжести являются наименьшими и скорость вращения точки старта вместе с Землей может быть использована наиболее полно. \*\*\*\*\*\

США в 1958 и 1959 годах запустили несколько Лунных аппаратов по программе «Пионер», полеты оказались неудачными.

## 2.4 Начало 60-х. Старт с орбиты. Коррекция. МВ (Марс-Венера)

\\*\*\*В Архиве П-К

Имеется очень много материалов 60-х годов. Это материалы по пускам к Марсу и Венере и Лунным проектам Е-6, Е-8, Зонды.

Как особо ценные хранились описания и инструкции к программам начала 60-х годов, когда постепенно создавалось математическое (программное) обеспечение дальних космических полетов. Некоторые из документов хранились в сейфе кабинета Платонова и Казаковой.

На рубеже 60-х годов был разработан новый метод выведения КА на траекторию отлета от Земли (старт с орбиты), были найдены принципы коррекции траекторий дальних космических полетов. В Архиве имеются многочисленные инструкции к программам, описания программ и тексты самих программ. Программы предназначены для баллистических расчетов на участках полета КА: выведение на орбиту искусственного спутника Земли, старт с орбиты, коррекция траектории, разворот осей КА, торможение при подлете к планете и др. Эти программы многократно переписывались, чтобы их адаптировать к определенной ракете и/или КА. Имеются разные варианты программ. В Архиве П-К есть многочисленные вспомогательные программы, например, переход от одних систем координат к другим.

На папках Архива П-К часто вместо "Марс" пишется "М" или греческая буква АЛЬФА, а вместо "Венера" – "В" или греческая буква БЕТА. В Архиве П-К есть папки с результатами компьютерных расчетов для полетов к Марсу и Венере КА серии 2МВ и 3МВ. Из-за некоторой унификации этих аппаратов, они назывались МВ (Марс-Венера). Эти аппараты изготавливались в ОКБ-1.

Многочисленные полеты аппаратов этих серий в первой половине 60-х годов были неудачными – полетные задания не были выполнены. Однако в процессе полетов были получены научные данные о магнитных полях и космических лучах в околопланетном пространстве, проверялась работа бортовой аппаратуры. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Т.М. Энеев

В 1958 году Мстислав Всеволодович вызвал Дмитрия Евгеньевича и меня и сказал: «Мы с Сергеем Павловичем Королевым обсуждали перспективу. Луна – Луной, это сейчас задача номер один, но давайте, начинайте заниматься Марсом и Венерой».

Мстислав Всеволодович Келдыш относился к полетам в космос как к задаче познания мира – у нас есть новый прибор (ракета) и с его помощью надо познавать Вселенную.

Зачем лететь? - искать внеземную жизнь, там она должна быть прекрасна. Была замечательная атмосфера энтузиазма, главными энтузиастами поиска внеземных цивилизаций были Тихонравов и Шкловский.

После первых успешных лунных пусков в 1959 году началась подготовка полетов в дальний космос. Мы всерьез обсуждали пилотируемый полет к Марсу в 1964 году – не десант, конечно, не посадка на планету, а только облет планеты. Этим занимались серьезные люди, у Сергея Павловича Королева разрабатывался тяжелый корабль ТМК. Ведущий инженер был Глеб Юрьевич Максимов – это был хорошо разработанный проект. Мстислав Всеволод Келдыш говорил: «Товарищи дорогие, вы не понимаете, за какую задачу вы беретесь – мы не умеем около Земли летать, а вы хотите посылать человека без всяких шансов вернуться, если произойдет авария».

С самого начала, как только была сформулирована задача полетов в дальней космос, мы очень надеялись найти жизнь на Марсе и Венере. Пока туда не прилетели и не поняли, что там искать безнадежно. Была сформулирована другая задача – исследование планет, чтобы понять происхождение и эволюцию солнечной системы; у американцев тоже эта задача главная. \*\*\*\*\*\\

Первые космические полеты 50-х были полеты с непрерывным разгонным участком – метод непрерывного старта. Он имел много недостатков – например, для полетов к Луне накладывал очень жесткие ограничения на времена старта. Расчеты показали, что метод непрерывного старта вообще не позволял в ближайшее время (начало 1960-х годов) лететь к Марсу по удобной короткой траектории.

\\\*\*\*Б.Е. Черток (ОКБ-1)

В начале 1960 года после двухлетних исследований альтернативных вариантов выведения КА на межпланетные траектории теоретики ОПМ (ИПМ) Охоцимский, Энеев, Ершов и наши баллистики Лавров, Аппазов, Дашков пришли к согласию о выборе метода выведения КА к Марсу и Венере. \*\*\*\*\*\\

\\\*\*\* Д.Е. Охоцимский, Т.М. Энеев и В.Г. Ершов

Метод разгона с промежуточным выведением КА с помощью трехступенчатого носителя на орбиту спутника Земли и последующим доразгоном имеет весьма высокую эффективность с ряда точек зрения.

Он позволяет также существенно снизить ограничения на время старта. В частности, он позволяет осуществлять полет в сторону Луны с одинаковыми энергетическими затратами в любой день месяца, независимо от положения Луны на ее орбите. \*\*\*\*\*\\

Метод старта с орбиты потребовал создания четвертой ступени ракеты, двигатель которой запускался бы в невесомости на орбите спутника Земли. Много пусков ушло на отработку этого двигателя.

Если попадание в диск Луны можно сравнить с попаданием в метровую мишень с расстояния 100 метров (это примерно соответствует соревнованиям мужчин в стрельбе из лука), то попадание в Марс – это попадание в такую же

мишень с расстояния в десятки, а то и сотни километров. И стрелок, и мишень еще и движутся...

Поэтому после выведения КА на межпланетную траекторию, им обязательно надо уметь управлять – за многие месяцы полета к планете КА почти наверняка отклонится от расчетной (номинальной) траектории. Возникает вопрос, когда и как управлять?

\\*\*\*А.К. Платонов

М.В. Келдыш понимал, что точный пролет Марса и Венеры или посадка на их поверхность невозможны без исследования особенностей коррекционных маневров. Выбранные коррекционные маневры влияют на характеристики технических устройств, которые эту коррекцию должны осуществить. Была задача определения требований к конструкции и параметрам системы коррекции: возможные направления и требуемая точность ориентации в пространстве, необходимость запаса топлива, требуемое число включения двигателя, ожидаемое время проведения коррекций. Анализ характеристик коррекции проводился для целой трубки траекторий из-за ошибок выведения КА, ошибок прогнозирования и самих ошибок коррекционных маневров.

При реализации облета и фотографирования Луны были созданы предпосылки для разработки технических средств коррекции, так как одна из наиболее трудных задач – задача точной ориентации КА в пространстве – была уже решена Б. Раушенбахом.

Келдыш позволил опубликовать работы по коррекции только в 1965 году, хотя делались они в 59-м. Почему-то считалось, что это секретно. \*\*\*\*\*\

В 1964 году А.К. Платонов написал отчет ИПМ «Теория коррекции движения космических объектов» [11].

\\*\*\*А.К. Платонов, Р.К. Казакова

Абсолютно точное выведение КА на орбиту невозможно. Затраты топлива, а также точность, с какой должны выдерживаться значение и направление корректирующего импульса, зависят от места проведения коррекции. Выгоднее проводить раннюю коррекцию, но при этом требуется высокая точность корректирующего импульса. Это требование снижается по мере приближения к цели, но тогда растет количество затрачиваемого топлива (пояснение: малая неточность, которую можно было бы легко исправить вначале – если бы можно было это сделать абсолютно точно, – вырастает в большую неточность за месяцы полета и поэтому требует больших затрат топлива на коррекцию).

Охоцимский, Лидов и Платонов в 1958-59 пошли по пути линеаризации характеристик сближения с планетой (в зависимости от параметров коррекции). В эти годы были введены понятия картинной плоскости, плоскости

оптимальной коррекции, эллипса влияния (эллипса ошибок). При подготовке полета с целью фотографирования Луны была создана методика прицеливания.

В 1965 году и мы, и американцы делали аналогичные доклады на конгрессе ИФАК по многократной коррекции.

На первых КА Венера-Марс предполагалось провести одну коррекцию. Начиная с 70-х годов делалась двухкратная коррекция, первая – раньше 10 суток после старта, вторая – менее чем за 10 суток до прилета. ... В результате большого количества решенных задач управления возник специализированный язык для решения задач коррекции и ориентации. \*\*\*\*\*\

Задача коррекции тесно связана с ориентацией – двигатели коррекции должны дать импульс КА строго в нужном направлении, то есть сначала КА должен быть точно ориентирован. В Архиве П-К есть также документы, посвященные программам ориентации.

Группу баллистиков ИПМ, которая занималась коррекцией, в 60-е годы возглавлял А.К. Платонов. Эта группа получала данные для своей работы от группы измерений и прогноза движения КА – ей руководил Э.Л. Аким. В своих статьях А.К. Платонов пишет об исключительной важности измерений и прогноза, для них разрабатывались свои математические и вычислительные методы.

## 2.5 Проблемы начала 60-х

\\*\*\*Б.Е. Черток (ОКБ-1)

Как рассказывал нам Королев, Никита Сергеевич Хрущев очень обеспокоен широким размахом работ по освоению космоса в США. Он считает, что успехи в космосе сейчас не менее важны, чем создание боевых ракет.

Лунные успехи 1959 года создали у планетологов в академических кругах уверенность в перспективах внеатмосферной астрономии. На нас обрушился поток предложений по созданию космических аппаратов для исследований Марса и Венеры, повторения фотографирования и осуществления мягкой посадки на Луну. Специалисты по Луне отвергали предложения о посылке аппаратов на Марс. Сторонники марсианских исследований утверждали, что на Луне делать нечего....

Визит Брежнева к нам был назначен на 4 февраля 1960 года. У меня сохранилась запись заключения, которое он сделал.

" - Сам я, конечно, никаких решений принять не могу... Ваши предложения надо обсудить на пленуме ЦК. Но хорошо бы вы какого-нибудь "жучка" запустили, чтобы наделал побольше шума".

Этим «жучком» Брежнев сразу разрушил надежду на взаимопонимание....

28 февраля 1960 года Королев утвердил график работ по созданию Автоматических Межпланетных Станций для Марса – объектов 1М. В нем стояли сроки, которые многие считали невыполнимыми, – к 15 марта выпуск

проектной документации и выдача ТЗ, в апреле выпуск рабочих чертежей, в июле – изготовление первого объекта 1М, в середине августа – отправка на полигон, и запуск в конце сентября-начале октября 1960 года...

Подготовить конструкцию спускаемого аппарата и аппаратуру для непосредственного исследования атмосферы и поверхности планеты было нереально...

Но мы себя не считали авантюристами. Мы ворчали, что времени очень мало, но, если очень-очень захотеть, то сделать можно.... Выручала смелость незнания.

Кто мог взять на себя смелость и заявить Хрущеву, что создание ракетно-космической системы для пусков на Марс и Венеру осенью 1960 года – дело нереальное, что их надо отложить еще на год до следующего астрономического окна? Никто не хотел быть "избитым" первым. Никто не проявил мужества, чтобы предложить реальные сроки. Такое предложение могли расценить как идеологическое разногласие с линией партии. \*\*\*\*\*\

Первая половина 60-х годов отмечена успехами СССР в пилотируемой космонавтике: первый человек в космосе, выход человека в открытое космическое пространство и др. При этом пуски КА в дальний космос – к планетам Марс и Венера и к Луне – оказались неудачными. Об этом периоде вспоминает Б.Е. Черток.

\\*\*\*Б.Е. Черток (ОКБ-1)

До этого момента (1964) все полеты пилотируемых кораблей проходили без аварий. Но по автоматам для исследования Луны, Марса, Венеры мы имели непрерывные срывы. Это угнетало и заставляло думать, что причина все же не в сложности автоматов, а в недостаточной внимательности со стороны разработчиков и приемки. Для пилотируемых аппаратов ... сказывалось и совершенно новое чувство исключительной ответственности...

Тюлин подписывал телеграммы министрам, требуя санкций за низкое качество изделий. Тем не менее черырёхступенчатые носители с межпланетными станциями вывозили на старт и пускали в астрономически установленные сроки...

Несмотря на массу дефектов в электронной аппаратуре межпланетных станций, наиболее слабым звеном всей системы продолжал оставаться сам четырехступенчатый ракетоноситель...

Чем больше пущено ракет, тем больше вскрыто недостатков, и, в конце концов, через 20-30 пусков ракета «начинает летать». Эту методику отработки надежности мы унаследовали от артиллеристов...

Я вспомнил упрек Руднева: «Мы стреляем городами» (стоимость одного космического пуска сопоставима со стоимостью строительства небольшого города). Вот и еще одного города как не бывало. Это уже разгильдяйство... \*\*\*\*\*\



Георгий Александрович Тюлин на рубеже 60-х годов работал директором НИИ-88 (ЦНИИмаш), был заместителем Председателя Госкомитета СССР по оборонной технике, с 1965 года – первым заместителем руководителя Министерства общего машиностроения СССР. Руднев Константин Николаевич – Заместитель Председателя Совета Министров СССР в начале 60-х годов.

Перед каждым полетом всегда проходило баллистическое проектирование и предварительная отработка всех этапов предстоящего полета. Если аппарат "заваливался", то оперативно искали причину. Начиналась работа по анализу полета и выяснению причин неудачи. Специалисты по баллистике, как правило, привлекались к этим работам.

Для надежной работы баллистическая служба была тщательно организована. Об этом пойдет речь в следующем параграфе.

В США в начале 60-х годов тоже было много неудачных стартов. Успешный полет к Луне (фотографирование приближающейся поверхности Луны до соударения с ней) осуществлен в марте 1964 года, после 12 неудачных миссий [21].

## **3 О работе баллистических центров: воспоминания**

### **3.1 Три баллистических центра**

\\*\*\*В Архиве П-К

К середине 60-х годов уже работают и активно взаимодействуют три Баллистических центра (БЦ) – многие документы Архива П-К свидетельствуют об их совместной работе.

Особое место в Архиве П-К занимают большие альбомы с наклеенными небольшими распечатками – это так называемые формы-телеграммы, ими обменивались баллистические центры (БЦ) во время подготовки и реализации космических полетов. Это как бы апофеоз – видимая часть – всей работы по баллистико-навигационному обеспечению полета КА. Большие альбомы с наклеенными формами-телеграммами появляются в Архиве П-К начиная с 1968 года, но отдельные формы-телеграммы встречаются и среди других материалов. Вообще говоря, эти формы-телеграммы содержат баллистические данные, необходимые для управления полетом КА, а также данные справочного характера. В некоторых телеграммах присутствуют данные, которые засылаются на борт КА для реализации последующих операций, таких как изменение положения (ориентации) осей КА в пространстве, проведение маневров с целью изменения траектории КА и др. Такие данные назывались уставками. \*\*\*\*\*\

В общих чертах о баллистических центрах, об их совместной работе, о содержании телеграмм, которыми обменивались баллистические центры, рассказывает Григорий Симонович Заславский. Он с 1962 года руководил группой баллистического обеспечения маневрирования КА в БЦ ЦНИИмаш. А.К. Платонов руководил тогда такой же группой в ИПМ (формально БЦ ИПМ было создано в 1965 году).

\\*\*\*Г.С. Заславский

После завершения учебы на мех-мате МГУ с 1961 года я стал работать в организации, которая сейчас называется ЦНИИмаш – там мне поручили заниматься расчетами параметров маневров космических аппаратов. В ИПМ такими расчетами занимался А.К. Платонов.

Платонов и Казакова – эти фамилии часто звучали в разговорах баллистиков. Они в ЦНИИмаш постоянно приезжали, там я с ними и познакомился, и мы совместно работали. После 1963 года у нас в ЦНИИмаш парк машин был шире, было больше программистов. У них в ИПМ были сложности с вычислительными машинами, в ИПМ выход на машину был очень ограничен – кроме космоса институт занимался массой других проблем. Опыт теоретический у них был большой. Можно сказать, в ИПМ работали наши научные, методические наставники – Д.Е. Охоцимский, Т.М. Энеев, М.Я. Маров, Вс.А. Егоров, Э.Л. Аким, М.Л. Лидов, В.В. Белецкий, В.А. Сарычев, А.К. Платонов, М.Р. Шура-Бура, В.С. Штаркман и другие ученые.

До появления в 1962-63 гг. баллистического центра в ЦНИИмаш оперативными работами по дальнему и ближнему космосу занимался НИИ-4, где работали П.Е. Эльясберг, В.Д. Ястребов, А.В. Брыков, Д.С. Воробьев и другие специалисты, с которыми мне посчастливилось взаимодействовать и многому научиться у них. Им в процессе полета надо было рассчитывать и выдавать уставки (данные на борт КА), проверить, прошли уставки или не прошли, обработать телеметрию, сопоставить ее с баллистическими данными и т.д. Они занимались в оперативном плане всем, на их плечах были еще и военные пуски, одним коллективом трудно, им стало невмоготу.

К тому времени в ЦНИИмаш уже работал вычислительный центр, организованный Георгием Александровичем Тюлиным, а руководил центром Михаил Александрович Казанский. Чтобы разгрузить НИИ-4, в вычислительном центре ЦНИИмаш была образована специальная лаборатория под началом выпускника мех-мата МГУ Виктора Тимофеевича Гераскина. Он при своих хороших познаниях в математике сумел достичь вершин в искусстве программирования на ЭВМ, что важно при решении прикладных задач. В состав лаборатории вошли несколько десятков математиков и программистов. Потом на базе этой лаборатории возник баллистический центр, который через некоторое время стал частью образованного координационно-вычислительного

центра (КВЦ). В конце концов был образован Центр управления полетом (знаменитый ЦУП), в состав которого со своими подразделениями вошел КВЦ.

Юрий Александрович Мозжорин, который стал директором ЦНИИмаш после Тюлина, в 1962 году поручил нам к предстоящим космическим полетам подготовиться максимально. В лаборатории Гераскина были созданы несколько групп: одна группа для определения орбит КА, другая группа для управления полетом – чтобы изменять траекторию полета целевым образом. Я как раз пришел из МГУ, мне дали группу, которая занималась расчетами маневрирования и ориентации КА в пространстве, она потом доходила по числу специалистов до 10 и более человек. Считали на машинах М20 - 4096 ячеек, 20 тыс. оп/сек. Машин было мало, иногда давали ночью 5 минут на отладку программы. Такие условия работы требовали особенно тщательной подготовки вычислительных алгоритмов и программ. Часто, чтобы использовать указанные минуты, приходилось идти на работу в темноте через весь город из общежития, где я жил. Почти все мои сотрудники жили в общежитии или снимали жилье в частном секторе подмосковного города Калининград (бывшие Подлипки, сейчас – город Королев), где находился ЦНИИмаш.

Потом уже и в ИПМ образовался баллистический центр – в 1965 году. Инициатива его создания исходила от Келдыша и Королева.

ИПМ с самого начала принимал в освоении космического пространства самое активное участие. В институте генерировались научные задачи, связанные с космическими полетами, обосновывалась возможность технической реализации таких полетов. Но совсем другое дело – это работа БЦ в оперативном плане, когда требуется выполнять баллистические расчеты в реальном времени по ходу подготовки и реализации полета.

На время всего полета необходимо в БЦ организовать рабочие смены, отчеты этих смен, своевременный обмен информацией с другими БЦ, наземными пунктами траекторных измерений, пунктами управления. Надо сопоставить свои расчеты с расчетами в других БЦ, выработать вместе с ними единые предложения в оперативную группу управления полетом КА. Работа БЦ должна покрывать все нештатные ситуации – то есть оперативно находить предложения по выходу из таких ситуаций.

До создания баллистического центра ИПМ работал в более свободном режиме, в более творческом плане.

Космический полет – это дело ответственное, поэтому фактически баллистические центры дублировали друг друга, проверяли друг друга и вырабатывали общие рекомендации для управления полетом.

Баллистическим центрам были присвоены номера в порядке их появления: в НИИ-4 был БЦ №1, в ЦНИИмаш - БЦ №2, а ИПМ - БЦ №3. Эти номера видны в документах Архива П-К.

Сильные баллистики были в ОКБ-1 в проектно-модельном отделе Михаила Клавдиевича Тихонравова – но они не занимались полетом оперативно, они готовили полет. Кто-то бросал идею, надо было ее проверить. Тогда они просматривали варианты и вместе с ИПМ и/или НИИ-4 делали прикидочные расчеты.

ИПМ достиг больших успехов в разработке методов оптимизации характеристик космических полетов КА, внес вклад в теоретические вопросы, связанные с определением орбит по траекторной информации, с уточнением параметров атмосферы планет и др. \*\*\*\*\*\\

## 3.2 Навигация и баллистика

\\\*\*\*Г.С. Заславский

Навигацией мы называли все работы, связанные с определением и прогнозированием параметров траектории полета КА. Баллистика – это изменение траектории КА – определение схемы и параметров маневрирования КА, которые реализуют приемлемую траекторию его дальнейшего полета.

В ИПМ проблемы баллистико-навигационного обеспечения решались несколькими неформальными группами. Первые две группы – это группы навигации, ими методическое руководство осуществлял Эфраим Лазаревич Аким, руководитель БЦ ИПМ.

Первая группа навигации – это предварительная обработка траекторных измерений, выявление аномальных измерений, сжатие информации. Этой группой непосредственно многие годы руководил Георгий Сергеевич Попов, а потом – Андрей Георгиевич Тучин. Вторая группа – определение траектории полета КА и ее прогнозирование по этим измерениям, ею руководил Виктор Аркадьевич Степаньянц.

Третья группа – группа баллистики – занималась определением схемы и параметров предстоящих маневров КА.

Иногда, учитывая специфику полета КА, создавались и другие группы, например, группа, которая занималась спуском КА в атмосфере планеты.

Первая и вторая группы были ответственны и за расчет целеуказаний – информации, посылаемой на так называемые наземные измерительные пункты (НИП) для наведения их антенн на КА.

Состав первых двух групп практически мало зависел от того, какой конкретно полет совершался. Для решения третьей задачи – определения схемы и параметров предстоящих маневров и коррекций – иногда существовало одновременно несколько групп. Например, в течение ряда лет, начиная с 1972 года, в БЦ ИПМ было три таких группы: межпланетных полетов к планетам Марс и Венера (группа Платонова); полетов к Луне (группа Лидова); по программам пилотируемых полетов (группа Заславского). В это же время функционировали группы баллистического обеспечения посадки КА на поверхность Земли. Уже в более позднее время группа Юрия Георгиевича Сихарулидзе успешно решала баллистические задачи, связанные с посадкой

корабля «Буран» на Землю. В моей группе была выделена подгруппа, которая при подготовке полета «Энергия-Буран» длительное время занималась вопросами моделирования бортового комплекса управления полетом ракеты-носителя «Энергия».

Для управления КА мы применяли разные термины. Маневр – это серьезное изменение параметров траектории, коррекция – это небольшое исправление траектории. Маневр "переход" (он осуществлялся одним или несколькими одиночными маневрами) – это когда с одного типа орбиты КА переходит на другой тип орбиты, например, с орбиты подлета к планете аппарат переходит на круговую или эллиптическую орбиту вокруг планеты. Иногда осуществлялся перевод КА сначала на эллиптическую орбиту с большим эксцентриситетом, потом в апоцентре, где скорость КА меньше, проводился маневр изменения наклона плоскости орбиты – так получается экономнее по затратам топлива. Коррекция обычно проводится для парирования ошибок после прошедшего маневра. Эти термины встречаются в телеграммах Архива П-К.

В 1963-64 Платонов и Казакова представили в то время закрытые материалы по методам и алгоритмам расчета параметров коррекции межпланетной траектории.

Если задачи навигации слабо меняются – пункты наблюдения и методы определения орбит практически не меняются, то задача маневра при смене типа и предназначения КА почти всегда кардинально изменяет свое математическое содержание. Например, в 2011 году был выведен на рабочую орбиту ИСЗ научный космический аппарат СПЕКТР-Р программы «Радиоастрон». Его двигательная установка (ДУ) при коррекции траектории могла непрерывно работать ограниченное время. Приходилось рассматривать коррекцию с несколькими включениями ДУ. Нужно было оставить достаточно времени между двумя соседними включениями ДУ, чтобы определить, правильно ли отработала ДУ при первом включении, и в случае необходимости подправить параметры второго включения двигателя. Кроме того, имели место существенные ограничения на направление тяги ДУ и на степень освещенности КА в дальнейшем его полете. Эти и другие обстоятельства привели к сильному усложнению баллистической задачи расчета параметров коррекции [19, 20].

Во время полета часто возникают непредвиденные ситуации. Например, ориентировались на измерения от нескольких пунктов, а какой-то пункт измерений не представил. В результате определение орбиты получается не такое точное – так возникают нештатные ситуации в полете. БЦ должен быть подготовлен к таким ситуациям: он может выполнить предусмотренную заранее нештатную программу или даже предложить скорректировать всю программу дальнейшего полета. При полете «Бурана» нештатной документации было больше, чем штатной.

Перед коррекцией нужно сначала понять положение КА в пространстве, развернуть оси КА – это один сеанс связи. Потом команда на включение

двигателей – там несколько этапов, сначала одна тяга, потом другая и т.д. В телеграммах мы писали, какой двигатель включается.

Очень важно с большой точностью знать, как приборы привязаны к космическому аппарату. Это нужно, например, чтобы с высокой точностью направить вектор тяги двигательной установки в нужном направлении. На полигоне после установки приборов на КА проводились промеры, и они сообщались в Полетном задании всем задействованным в работе БЦ: мы знали, например, что какой-то прибор отвернут от определенной оси не на 90 градусов, а на 89. Это – так называемые константы приборов, баллистики должны были их учитывать в своих расчетах. Об этом тоже есть упоминания в документах Архива П-К. \*\*\*\*\*\

### 3.3 Телеграммы-формы

\\*\*\*Г.С. Заславский

В процессе полета КА мы – баллистические центры – обменивались телеграммами, в которых были результаты наших расчетов. Мы на них смотрели: правильно или неправильно мы посчитали – сравнивали и обсуждали наши результаты. Если правильно, то направляли в дело. По Венере и Марсу в основном работали два баллистических центра: ИПМ и ЦНИИмаш. В начале 60-х годов активное участие в этих работах принимал БЦ НИИ-4.

Информацию БЦ передавали друг другу в форматированном виде – информацию мы упаковывали в специальные формы, которым присваивались номера. Формы всех телеграмм готовились и согласовывались заранее до полета.

Телеграммы-формы уходили адресатам – другим БЦ, а также в Главную Оперативную Группу Управления (ГОГУ), которая формировалась специально для этого полета или для какой-то программы полетов. Эта группа кроме всего прочего отвечала за посылку вычисленных уставок на борт КА.

В состав ГОГУ входили представители БЦ, а также организаций, изделия которых могли повлиять на ход полета КА.

Если необходимо провести маневр, например торможение, то нужно выдать на борт КА соответствующие баллистические данные, привязанные к возможностям аппаратуры КА. Теперь это называется полетное задание, а раньше называлось уставками (набором уставок).

Согласованные между БЦ уставки – обычно баллистические центры давали физические значения уставок – отправляли в ГОГУ, где готовили данные в форматах, которые уходили на борт КА. Кроме форм с уставками посылались формы с дополнительной (разъяснительной) информацией о характеристиках траекторий полета КА до и после маневра. Каждая форма имела свой номер.

Что отражалось в баллистических телеграммах-формах? Например, при полете к Марсу в форме с номером 710 был набор баллистических параметров для реализации коррекции, в форме 727 – для реализации маневра торможения

(при полете к планете). В форме с номером 715 представлялась с шагом по времени дополнительная баллистическая информация о полете КА относительно планеты: высота, марсографические широта и долгота полета КА и др. параметры.

Точное содержание формы 710 и много других деталей оперативных работ описаны А.К. Платоновым и Р.К. Казаковой в препринте ИПМ «Оперативные работы на первых ЭВМ»[2].

В Архиве П-К есть большие альбомы телеграмм-форм, относящихся к разным пускам КА. Как и в ИПМ, мы в ЦНИИмаш тоже создавали такие альбомы. Телеграммы были без грифа секретности – конечно, мы их содержание особо не распространяли. Непосвященному там трудно что-то понять – телеграммы практически без слов.

Способ представлять информацию в виде форм-телеграмм сохранился до сих пор. Работая с КА СПЕКТР-Р, мы тоже создавали телеграммы-формы и посылали их в НПО им. С.А.Лавочкина (для ГОГУ). В настоящее время не надо никаких альбомов – мы имеем электронные файлы форм.

Но тогда не было настольных компьютеров – все БЦ делали такие альбомы для своего удобства и для послеполетного разбора. Например, после нескольких месяцев полета случается что-то не так, и мы смотрим по этому альбому, что было на предыдущих коррекциях. Это в некотором смысле дневник полета – информация, отражающая сущность полета, все этапы полета.

Связи между ЭВМ баллистических центров и ГОГУ тогда еще не было. Было ИЛУ – информационно логическое устройство – предшественник канала связи между вычислительными машинами. Формы-телеграммы кодировались в пачках перфокарт и передавались через ИЛУ в другие БЦ и в ГОГУ. На другом конце ИЛУ информацию получали тоже в виде перфокарт, перфокарты вводили в вычислительные машины и распечатывали, распечатки просматривали и наклеивали в альбомы. Руководителями работ по реализации автоматизированного обмена баллистической информацией со стороны ИПМ были Юрий Павлович Смольянов и Георгий Сергеевич Попов.

Иногда мы не успевали передавать друг другу телеграммы – с ИЛУ через перфокарты это было долго. И мы передавали информацию прямо по телефону. При этом для сохранения конфиденциальности сообщаемые числа могли разбить на несколько частей, а потом еще и перевернуть каждую из этих частей. На другом конце провода эту кодировку, конечно, знали.

Как происходила работа в то время? Например, я в ЦНИИмаш получал информацию из ИПМ от А.К. Платонова – телеграмму-форму с его параметрами коррекции. Группа траекторных измерений у нас мне дает параметры траектории аппарата, мне нужно, чтобы аппарат пришел в нужную точку. Я проверяю: если уставки А.К. Платонова не соответствуют цели этого маневра, звоню и говорю: "Саша, тут что-то не так". И он мои уставки на коррекцию рассматривает. Если у обоих «не так» – уставки коррекции приводят КА не туда – разбираемся, в чем дело.

В каждом БЦ были свои соответствующие программы. Каждый делал их по своим собственным методикам и алгоритмам. Вычисляли уставки, сравнивали у кого лучше: например, у кого меньше затраты топлива – и те уставки посылали на борт.

Очень важную роль в упорядочении оперативного обмена баллистической информацией между БЦ и ГОГУ сыграл Михаил Львович Лидов. Хороший теоретик, он сначала участвовал в наших работах по Луне, но не оперативно. Оперативная работа была возложена на него и его группу уже в программе Е-8 (1968 г.). \*\*\*\*\*\\

### **3.4 Все начинается с баллистики**

\\\*\*\*Г.С. Заславский

Для каждого полета готовился так называемый «операционно-временной график», который наносился на длинную бумагу – «миллиметровку». Вдоль миллиметровки изображалась ось времени и «расставлялись» соответствующие времени события: от такого-то времени до такого приходят измерения из такого-то пункта, вот это время определения единых (согласованных между БЦ) начальных условий движения КА, в это время делаем расчет такого-то маневра и т.д. Там же писалось, какие номера форм-телеграмм должны были выдать БЦ, какое время выбора данных для закладки на борт... Как правило, по исполнению это был очень жесткий график. Старались расписать все до полета, а потом, если была необходимость, корректировали его – могли строить и новый график, если что-то пошло сильно не так! Если нужно было «проиграть» и «просчитать» дальнейший полет или просто что-то обсудить – собирались и обсуждали, работали вместе. Часто собирались в большом составе: Генеральный конструктор, руководители организаций, ответственные исполнители, приглашались и непосредственные исполнители работ.

Любой такой полет – оптимизация с учетом многих факторов, требуется удовлетворить тем или иным условиям реализации полета. В конце концов, надо «проскочить в игольное ушко» – но еще и игольное ушко надо найти. Одно условие противоречит другому – это обычное дело в технике.

В то время не было барьеров между организациями – были энтузиазм и ответственность. Мы особо не делили, кто из какой организации. В этом смысле у нас, баллистиков, был общий коллектив.

Королев говорил, и я это слышал в его рабочем кабинете, что все начинается с баллистики и баллистикой заканчивается. Вначале, конечно, – проектирование полета, все необходимые расчеты. Потом оперативная работа баллистических центров, обмен информацией между БЦ и выбор единой от всех БЦ информации, определяющей дальнейший полет КА.

После полета, когда его результаты получены, опять нужна баллистика для правильной интерпретации этих результатов. Работы по уточнению полученных данных, их временная привязка и интерпретация длились долго.



Например, картографирование Венеры и Луны, уточнение гравитационного поля Луны продолжались годами. Тяжелейшая, кропотливая работа!

У нас, баллистиков, практическая, каждодневная работа. Теоретическая работа, конечно, выигрывает. Сейчас от научных работников постоянно требуют нескольких публикаций в журналах в течение одного года – а тогда мы могли написать одну статью в пять лет. Как бы мы работали тогда, если бы постоянно писали статьи?

После перевода из ЦНИИмаш в ИПМ в 1972 году я в первые годы мало занимался баллистическим обеспечением полетов к Луне и планетам. В БЦ ИПМ мне поручили пилотируемые полеты – как раз готовился советско-американский полет по программе «Союз-Аполлон». До этого БЦ ИПМ регулярно пилотируемыми полетами не занимался. Другое дело по просьбе кого-то в ИПМ могли рассмотреть отдельную задачу для определенного космического полета.

Работа по программе Союз-Аполлон была очень сложной. Чтобы состыковаться, мы и американцы должны были обеспечить с необходимой точностью прилет своих кораблей в заданное время в определенную точку пространства с выравниванием скоростей. Тут было много забот – мы ведь с американцами «крутились» по орбитам в разных плоскостях. Американцы меняли плоскость своей орбиты – у них с топливом было лучше, а мы должны были, практически не изменяя плоскости движения и избегая недопустимых «нырков» в атмосферу, вовремя перевести свой корабль на нужную орбиту.

Летом 1975 года советский и американский пилотируемые корабли состыковались на орбите ИСЗ. Полет по программе был успешно завершён.  
\*\*\*\*\*\\

## **4 Луна, 60-70-е годы: программы Е-6, Е-8, Зонды (Л-1)**

### **4.1 Программа Е-6**

\\\*\*\*В Архиве П-К

Е-6 – это программа мягкой посадки на Луну, успешно осуществленная в 1966 году. В Архиве П-К хранится целая серия папок – начиная с первых номеров и кончая номерами 200-ми. Это результаты расчетов по многочисленным программам, которые создавались с начала 60-х годов. На некоторых папках написано ЕШЬ – это жаргонное название Е-6. Вероятно, некоторые папки содержат и расчеты по полетам МВ.

В программу Е-6 вошли и спутники Луны, запущавшиеся после успешной мягкой посадки КА Луна-9 в 1966 году. В Архиве П-К имеются документы по аппаратам Луна-9-14. \*\*\*\*\*\\

\\*\*\*Б.Е. Черток (ОКБ-1)

10 декабря 1959 года Хрущев подписал постановление ЦК КПСС и Совета министров об осуществлении мягкой посадки на Луну автоматической станции в 1964 году.

Несмотря на энтузиазм и стремление первыми делать трудные вещи, мы затратили шесть лет – от начала проектных работ до нашумевшего полета Луна-9 – на то, чтобы показать человечеству "лунные камни" с расстояния нескольких метров.

Келдыш считал Е-6 очень важной работой. В помощь нашим баллистикам ОКБ-1 он подключил молодых теоретиков, впоследствии известных ученых – Михаила Лидова, Эфраима Акима и Александра Платонова.

К началу пусков Е-6 ракета-носитель уже совершила десять стартов по программе Марс-Венера. Только однажды нормально сработали все четыре ступени – при пуске по Марсу в 1962 году. \*\*\*\*\*\

Пуски 1963-65 годов по программе Е-6 – мягкая посадка на Луну – оказались неудачными по разным причинам. Успешный пуск КА «Луна-9» в феврале 1966 года был уже после смерти Королева.

\\*\*\*А.К. Платонов, Р.К. Казакова

В 1965 году С.П. Королев передал программу Е-6 в НПО им. С.А.Лавочкина. Это было правильное решение: ОКБ-1 были наследники артиллеристов (раньше на их площадях делали пушки), а артиллеристы все отработывали в полете: выстрелили и посмотрели. Вот и было много неудачных пусков. В НПО им. С.А. Лавочкина раньше делали самолеты, была авиационная выучка – все сначала хорошо отработывалось на Земле.

При посадке на Луну у КА была большая боковая скорость – он бы катился по Луне. В ОКБ-1 Дашков и Ивашкин придумали лунную вертикаль [26]: они заметили, что на расстоянии 8 тыс. км от Луны направление на центр Луны совпадает с лунной вертикалью при посадке.

Когда с задержкой 1,5 сек. (с учётом времени распространения радиоволн от Луны) к радости всех присутствующих появился мучительно долго ожидаемый сигнал, то счастливый, как и все, баллистик Платонов облегчённо вздохнул.

У него теперь исчезли существовавшие сомнения: наконец-то появилось действительное подтверждение того, что и закон Ньютона, и модели объекта Е-6 верны!

А значит, и рассчитанные координаты посадки, скорее всего, правильны. \*\*\*\*\*\

Начиная с программы Е-6 и по настоящее время НПО им. С.А.Лавочкина и ИПМ им. М.В.Келдыша тесно и плодотворно взаимодействуют по проблемам баллистико-навигационного обеспечения подготовки, реализации и анализа результатов полетов КА [27].

\\*\*\*Н.М. Тесленко

3 февраля 1966 г. «Луна-9» впервые в мире совершила мягкую посадку на поверхность Луны. На волне этого успеха возникла идея, чтобы КА после торможения вышел на орбиту спутника Луны. Михаил Львович Лидов, давно занимавшийся баллистикой аппаратов этой серии, набросал алгоритм решения и засадил меня за написание программы.

За какие-то считанные недели всё было готово.

Всего через 2 месяца после посадки «Луны-9» КА, названный «Луной-10», стал – опять же впервые в мире – искусственным спутником Луны. В дальнейшем были запущены на окололунные орбиты ещё три спутника: два – в 1966 г. и один – в 1968 г. Мы также участвовали в этих работах со своей скромной программой. \*\*\*\*\*\

Луна-10, март 1966 года — первый искусственный спутник Луны. КА Луна-12 в том же году провел фотографирование Луны. В декабре на Луну сел советский КА Луна-13.

Орбитальные измерения Луны-10 позволили установить несферичность гравитационного потенциала Луны и построить его модель, Э.Л.Аким, ДАН СССР, 1966, [7].

\\*\*\*А.К. Платонов

Лидов появился в ОПМ в конце 1957 года из Астросовета и буквально за несколько месяцев освоил для себя новую тематику. Он, можно сказать, был заядлым алгоритмистом, освоил программирование и стал крайне нужным и полезным человеком в отделе. Он имел военный опыт, хорошо разбирался в технике, он до мозга костей был прикладным математиком. Он участвовал во всех пусках космических аппаратов к Луне.

1957-58 – это были годы постановки задачи коррекции. При подготовке к фотографированию Луны (1959) я считал пассивный участок полета, Лидов брал мои данные – и они с Охоцимским думали дальше. Была проблема, куда прицеливаться при полете к Луне.

Роль Лидова в анализе траекторий полетов к Луне очень большая. Он говорил, что надо иметь разный состав измерений, т.е. измерять разными способами – тогда убираются систематические ошибки. \*\*\*\*\*\

Немного расскажем об Американской Лунной программе, так как она была сформирована в ответ на советские достижения в космосе.

На всю американскую космическую программу сильное влияние оказал неожиданный для США космический полет Юрия Гагарина в 1961 году. Американские проекты отставали.

\\*\*\*Джон Кеннеди, президент США

Есть ли у США возможность оставить СССР позади, осуществив посадку на Луну?

Существует ли какая-нибудь внятная космическая программа, обеспечивающая внушительные результаты в ближайшее время? \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Вернер фон Браун

Мы не имеем хороших шансов опередить Советов в создании пилотируемой лаборатории в космосе. У нас есть спортивный интерес добиться лидерства над Советами, осуществив мягкую посадку на лунную поверхность автоматической станцией или совершив облет Луны пилотируемым кораблем. Но у нас есть отличные шансы одержать победу над Советами, совершив первую высадку экипажа на Луне в 1967-68 гг. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Джон Кеннеди

Мы намерены выиграть битву, которая идет сейчас во всем мире, между свободой и тиранией... Драматические достижения в космосе (имеется в виду полет Гагарина), которые случились в последние дни, а также запуск Спутника в 1957 году оказывают серьезное влияние на умы людей повсюду в мире.

Я полагаю, что наша страна должна принять на себя ответственность в достижении следующей цели – до конца десятилетия доставить человека на Луну и вернуть его на Землю. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Павел Шубин, из книги «Луна: история, люди, техника», 2019 [21].

Для всех специалистов, связанных с космосом, подобная цель в те годы выглядела полным безумием. Начинать приходилось практически с нуля. Но появилась цель, появились деньги, и необходимо было приложить все силы для реализации этой задачи. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Джон Кеннеди

Почему ... первый полет человека в космос должен стать предметом национального соперничества? Почему Соединенные Штаты и Советский Союз при подготовке подобных экспедиций должны бесчисленное число раз дублировать исследования, создание техники и расходы? Мы должны рассмотреть вариант, при котором ученые и астронавты наших стран, а фактически всего мира, смогли бы работать вместе. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Н.С.Хрущев

Я читал о том, что американцы хотят высадить человека на Луну в 1970 году. Ну что же, пожелаем им успеха. А мы посмотрим, как они туда прилетят, как прилунятся, и, самое главное, как они взлетят и вернуться обратно.

Мы не хотим соревноваться в посылке людей на Луну без тщательной подготовки. Ясно, что от такого соревнования не было бы пользы, а наоборот, был бы вред, так как это могло бы привести к гибели людей. \*\*\*\*\*\\

\\\*\*\*Вернер фон Браун

Мы соревнуемся с решительным оппонентом, экономика которого в мирное время поставлена на военные рельсы. Американцы – это не хорошо организованный коллектив, который способен воплотить хорошо разработанную идею. Они любят разнообразие, к ним идут разнообразные сигналы – от президента, от конгресса, от газет. Когда эти сигналы громкие и ясные и работают на одну идею – люди могут сплотиться и проявить энтузиазм. \*\*\*\*\*\\

Американское национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА, организовано летом 1958 года) свои усилия сосредоточило на программе высадки человека на Луну. Многие космические полеты в США стали рассматривать с точки зрения выполнения этой программы, которую называли Аполлон.

Целью пяти неудачных стартов по программе Ranger 1961-64 годов была посадка автоматического аппарата на Луну и фотографирование ее поверхности. Следующие полеты по этой программе ставили более скромную цель – передачу телевизионных изображений поверхности Луны с приближающегося к ней аппарата (до удара о поверхность). После неудачи Ranger-6 (январь 1964) последовало вмешательство Конгресса США и реорганизация НАСА. Следующие три пуска были удачными. В феврале 1965 года американские телезрители смотрели прямую трансляцию с КА на участке его сближения с поверхностью Луны. На изображениях поверхности Луны были видны небольшие камни, и американские ученые сделали предварительное заключение, что слой лунной пыли не очень глубокий. Это подтвердила мягкая посадка советской станции Луна-9 в феврале 1966 г.

В начале июня 1966 года американский аппарат Сервейор-1 совершил мягкую посадку и передал изображения с поверхности Луны. Американцы не ожидали такого успеха с первой попытки (возможность успеха оценивалась в 10-15%).

20 июля 1969 года Нил Армстронг, командир Аполлона-11, высадился на Луну.

В 1969-72 годах было 6 успешных полетов по программе Аполлон – высадка человека на Луну.

## **4.2 Программа E-8 (1969-76)**

E-8 (1969-1976) – это программа полетов тяжелых КА на Луну – двух аппаратов, доставивших на Луну два Лунохода, и трех аппаратов, доставивших

образцы лунного грунта на Землю. Луноходы (КА Луна-17 в 1970 г. и Луна-21 в 1973 г.) успешно работали на Луне длительное время. Аппараты серии Е-8 стартовали с Земли с помощью ракетносителя «ПРОТОН».

Доставка лунного грунта осуществлялась аппаратами Луна-16, Луна-20 и Луна-24 в 1970, 1972 и 1976 годах. Аппараты успешно прилунились, забрали образцы лунного грунта и доставили их на Землю. Возвращаемые на Землю аппараты с лунным грунтом после старта с Луны без всякой коррекции приблизились к Земле, вошли в ее атмосферу и на последнем этапе спустились на парашюте, подавая радиосигналы, по которым их обнаружили. А.К. Платонов рассказывал, что такое возвращение с лунным грунтом было придумано и рассчитано Вс.А. Егоровым.

\\*\*\*В Архиве П-К

Имеется два больших альбома телеграмм по полету КА Луна-16, а также документы по полету КА Луна-24.

КА Луна-19 (1971 г.) был выведен на орбиту вокруг Луны. Он был оснащен разнообразной научной аппаратурой и больше года передавал информацию на Землю. О нем тоже есть документы в Архиве П-К.\*\*\*\*\*\

\\*\*\*Б.Е. Черток (ОКБ-1)

В июне 1965 года Королев собрал всех "лунатиков" и руководителей завода. Пригласили и Бабакина, которого Королев представил как преемника лунных автоматов. "Нам пора полностью переключиться на пилотируемую программу. Георгий Николаевич за это время должен посадить на Луну столько автоматов, чтобы американцам там места не осталось," - пошутил Королев.

Серьезно обсуждался вопрос о том, когда мы заканчиваем эту тему и с чего должен начинать Бабакин. Георгий Николаевич Бабакин заявил, что не хотел бы дублировать программу Е-6. Его проектанты уже работают над спутником Луны и даже над самоходным аппаратом. Но если нам нужна помощь, он готов у себя на производстве изготовить еще пару АЛС типа Е-6. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Н.М. Тесленко

В эскизном виде проект Е-8 был разработан к осени 1966 г. в ОКБ им. С.А.Лавочкина под руководством Главного конструктора Г.Н. Бабакина. В основном посадочном варианте обеспечивалась доставка на поверхность Луны «Лунохода». Выбранная схема полёта предусматривала проведение двух тормозных манёвров (одного – для перехода с подлётной траектории на орбиту спутника Луны, другого – для схода с орбиты и прилунения), а также нескольких коррекций – как на подлётной траектории, так и на орбите спутника Луны

Первые полёты намечались на конец 1968 г., и к этому сроку должна была завершиться реорганизация наземного вычислительного комплекса в составе трёх баллистических центров: в Подлипках (ЦНИИмаш), в Болшево (НИИ-4) и в Москве (ИПМ АН СССР). Элементы такого комплекса работали уже и до этого по другим космическим программам, но с такой чёткой организацией математического обеспечения полёта «в три руки» это было сделано впервые. Возглавить группу расчёта маневров (группу управления) в ИПМ руководство отдела предложило Лидову. После очень короткого периода психологической раскачки Михаил Львович начал буквально вгрызаться в проблему во всём её содержании и масштабе.

Между ответственными исполнителями всех центров установилась и много лет поддерживалась необычайно дружеская атмосфера, можно даже сказать, высокая рабочая этика, исключавшая возникновение конфликтов, причин для которых было предостаточно.

И думается, что атмосфера полного доверия между всеми нами возникла и поддерживалась в первую очередь под влиянием высоких научных и личных качеств М.Л. Лидова и Э.Л. Акима, которые были не только признанными творческими лидерами в своих областях, но и демонстрировали образцы спокойного делового поведения в самых острых ситуациях.\*\*\*\*\*\

\\*\*\*Г.С. Заславский

Управлением аппаратами Е-8 в баллистическом центре ИПМ занимался уже Михаил Львович Лидов.

Я тогда был в ЦНИИмаш, Лидов в ИПМ, мы были, что называется, визави.

Главным был баллистический центр ЦНИИмаш, но мы писали всю баллистическую документацию по Е-8 большим коллективом вместе. И что касается задач маневрирования, то в разработку методик и математических алгоритмов большой вклад внес Лидов. Платонов уже отошел от оперативной работы по полетам КА к Луне. По Е-6 Лидов, конечно, участвовал, но не в оперативной работе. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*А.К. Платонов, Р.К. Казакова

Космические аппараты программы Е-6, начиная с Луна-9 (успешная посадка на Луну), уже делались не в ОКБ-1, а в НПО им. С.А.Лавочкина. Аппараты следующей программы Е-8 были более тяжелые, чем Е-6, для их выведения использовалась ракета «ПРОТОН».

Для баллистиков это изменение означало переделку всех программ, начиная от расчётов активных участков «ПРОТОНА» до математических моделей КА, его управления (ориентации, коррекции). \*\*\*\*\*\

\\*\*\*А.А. Моишеев (НПО им. С.А.Лавочкина)

Мы начали разрабатывать для ракеты ПРОТОН сразу два типа лунных космических аппаратов: аппарат для доставки грунта и самоходный аппарат (Луноход).

Тогда ракета ПРОТОН делала первые шаги – она училась летать – и были проблемы как с надежностью самой ракеты, так и разгонного блока Д. В 1969 году было целых 7 аварийных пусков из-за ракеты.

В феврале 69-го года погубили Луноход, весной 69-го – два аварийных пуска к Марсу, и в том же 69-ом погибли еще 4 аппарата для доставки лунного грунта. Колоссальное напряжение подорвало здоровье нашего главного конструктора Георгия Николаевича Бабакина.

Бабакин умер в августе 1971 года от сердечного приступа вскоре после завершения разработки и запуска космических аппаратов Марс-2 и Марс-3.

Летом 69-го года к Луне одновременно летели американский Аполлон-11 с астронавтами на борту и наша Луна-15. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*В.П. Долгополов (НПО им. С.А.Лавочкина)

В 69 году ломался блок Д и ПРОТОН валился. ПРОТОН упал прямо на старт, Луноход, конечно, грохнулся, солдаты пытались унести радиоактивный обогреватель (он должен был обогревать Луноход во время лунной ночи), ничего хорошего из этого у солдат не вышло. Как это выдержал Бабакин!? До наших КА очередь не доходила. Когда дошла – это была Луна-15, и она почти села. Мы все эти масконы лунные знали плохо (масконы – это возмущения гравитационного поля Луны) и не успели сделать прецизионное торможение – аппарат только построил лунную вертикаль и тут уже оказалась поверхность, он и шлепнулся. В Луне-16 мы это учли: подняли на 1,5 км конец орбитального торможения и штатно сели. Следующая Луна-17 посадила Луноход – в сентябре 1970-го был доставлен грунт с Луны, а в ноябре уже пополз Луноход.

Нам очень хотелось запустить Луноход-3, вот он тут стоит в музее НПО им. С.А.Лавочкина, но нам сказали: "Хватит, надоело". \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Н.М. Тесленко

Если раньше участие М.Л. Лидова в такого рода работах было индивидуальным или ограничивалось небольшой группой со скромным программным хозяйством, то теперь речь шла о разработке большого числа быстродействующих алгоритмов и соответствующих программных комплексов, необходимых для управления полётом КА в реальном времени. А объём предстоящей работы он уже представлял и понимал, что она растянется на долгие годы.

К началу нашей работы ситуация складывалась очень напряжённой. У нас же к этому времени первые экземпляры лунных аппаратов только-только выходили с заводских ступеней и испытательных стендов. И в первую очередь – в варианте грунтозаборного устройства. Всё было нацелено на то, чтобы в



первую половину 1969 г. успеть осуществить 2-3 пуска и доставить лунный грунт на Землю раньше, чем это могли бы сделать американцы во время решающего полёта, намеченного на июль 1969 г.

Запуск 13 июля 1969 года прошёл успешно. Автоматическая станция с «луночерпалкой» и возвращаемым отсеком вышла на траекторию полёта к Луне и получила наименование «Луна-15».

Когда 16 июля «Аполлон-11» устремился к Луне, станция «Луна-15» к Луне уже подлетала, но после тормозного маневра у Луны наш аппарат вышел на нерасчётную спутниковую орбиту.

В нашем Центре по инициативе Михаила Львовича были разработаны дополнительные программные средства для моделирования различных «нештатных ситуаций» (в ходу была шутка, что это такие ситуации, которые не могут случиться в Соединённых Штатах, а у нас – запросто). Таким заготовкам – случись что – просто не было бы цены.

Вот тут-то на рабочем совещании баллистической группы М.Л. Лидов и предложил провести расчёты Луны-15 по нашему штатному алгоритму. И наша программа успешно вывела аппарат на нужную для посадки орбиту! Оставалось только дожидаться последних уточнений послекоррекционной орбиты, чтобы рассчитать параметры торможения на участке спуска. Армстронг уже сделал первый шаг по Луне, а наша станция «Луна-15» всё ещё совершала положенные витки по окололунной орбите. Наконец, двигатель был включен для торможения, но за 30 сек. до конца основного тормозного участка связь с аппаратом внезапно оборвалась....

Лунный грунт по программе Е-8 будет добыт только через год с небольшим – в сентябре 1970 г. в ходе полёта «Луны-16». Этот образец весом 105 г станет третьим после тех, которые были привезены экипажами кораблей Аполлон-11 и Аполлон-12.

Другой участок траектории – возвращения к Земле в случае взятия грунта – с самого начала был поручен другой группе управления под руководством А.К. Платонова. И ей трижды удалось поработать вовсю! \*\*\*\*\*\\

### 4.3 Зонды Z-6, Z-7, Z-8

Кроме программы посадки на Луну Е-6 и программы Е-8 – доставки лунного грунта на Землю и исследования Луны луноходами, в 1967-70 гг. выполнялась менее известная программа Л-1–Л-3 подготовки к полету человека на Луну. Это был ответ на планируемую американцами в 1969 г. высадку человека на Луну. Первая часть программы предполагала облет космонавтами Луны и их возвращение на Землю. После успешной высадки американцев на Луну программа была свернута, но облет Луны без космонавтов и безопасное возвращение спускаемого аппарата на Землю были проведены.

Аппараты «Зонд-4»—«Зонд-8» являлись беспилотным вариантом двухместного пилотируемого космического корабля. КА Зонд-7 и 8 совершили

облёт Луны и возвращение спускаемых аппаратов на Землю в 1969 и 1970 годах.

\\*\*\*В Архиве П-К

Имеется много документов (в том числе альбомов форм-телеграмм) по Зондам 6-8. \*\*\*\*\*\

Баллистики, кроме уже упомянутых выше задач проектирования и сопровождения полета, должны были найти, как безопасно вернуть КА на Землю после облета Луны. Скорость КА у Земли была близка ко второй космической (около 11 км/с), что гораздо больше, чем при возвращении с орбиты ИСЗ (около 8 км/с). Возврат на Землю КА со второй космической скоростью – это так называемый "нырок в атмосферу".

\\*\*\*Ю.Г. Сихарулидзе

Сначала СА (спускаемый аппарат) в процессе первого погружения в атмосферу уменьшает скорость до околокруговой, а затем вылетает за пределы атмосферы. На втором погружении в атмосферу скорость и угол входа примерно соответствуют спуску с низкой околокруговой орбиты. Главная трудность связана с обеспечением требуемой точности посадки – пологая траектория после вылета СА из атмосферы оказывается очень чувствительной к возможным возмущениям и ошибкам управления. Среди возмущений наиболее существенными были вариации плотности относительно существующей модели стандартной атмосферы. Д.Е. Охоцимский сказал мне: «Раз существующая модель возмущений плоха, предложите что-нибудь лучшее».

Была создана глобальная модель возмущенной атмосферы Земли. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Д.Е. Охоцимский

Надо было лететь с юга и войти в атмосферу Земли один раз, потом выскочить, сделать "прыжок" и уже садиться на территории нашей страны... Это спуск "с промежуточным погружением". Дело в том, что это был единственный способ, как нам попасть на нашу территорию. Просто геометрия требовала этого... Огромное количество работ было сделано, и все таки мы доказали, что при тех точностях входа и при тех системах автономной навигации, которые тогда были, возможно сделать посадку в пределах нескольких километров по точности... Мы придумали методы расчета и бортовую машину, которая бы все это считала... И все это было бы применено, если бы был полет к Луне. \*\*\*\*\*\

## 5 Марс-Венера (60– 70-е годы)

### 5.1 Марс

\\*\*\*В Архиве П-К

Имеется много больших альбомов, заполненных формами-телеграммами баллистических центров во время различных полетов к Марсу и Венере, в частности есть альбом обмена телеграммами по полету Марс-3 (Марс-1971). Марс-3 – первая в мире мягкая посадка спускаемого аппарата на Марс и единственная в советской космонавтике (изображение с Марса передать не удалось). Орбитальная станция после отделения спускаемого аппарата и торможения вышла на нерасчётную орбиту искусственного спутника Марса, откуда производила различные измерения и фотосъёмку (неудачную) планеты.

Остальные полеты к Марсу были менее удачны. Имеются рабочие материалы по разным полетам: папки с уставками, перечень программ, используемых в расчетах, печать результатов расчетов по этим программам, документы по автономной навигации (бортовая ЭВМ). \*\*\*\*\*\

Полеты советских КА к Марсу были не столь удачными, как к Венере – во всех полетах намеченные программы не были выполнены. Эпоха космического штурма планет полна драматических ситуаций – даже неудачные полеты запоминались их участникам надолго. Вот что о полете Марс-1971 (М-71) рассказал сотрудник НПО Лавочкина во время экскурсии по музею своего предприятия.

\\*\*\*В.П. Долгополов (НПО им. С.А.Лавочкина)

Вот это марсианская станция М-71, она была предназначена для наземных испытаний, другая точно такая полетела к Марсу. Это космический аппарат, который первым сел на Марс и проработал 29 секунд. Он 29 секунд передавал, что у него все нормально, вместо того, чтобы пустить сначала картинку: если 29 секунд была бы картинка, тогда и так было бы понятно, что там все нормально. Там скорей всего разлился электролит, потому что перегрузка была нерасчетная. Вот наверху два телефотометра, как у лунных аппаратов. Если бы они снимали эти 29 секунд, могли снять сектор градусов в 30, и мы бы увидели марсианскую поверхность. \*\*\*\*\*\

В интернете есть другая версия случившегося – связь оборвалась из-за сильнейшей песчаной бури на Марсе.

Две многотонные межпланетные станции М-71 запускались ракетой ПРОТОН. Одна станция стала спутником Марса, воспоминания о второй см. выше. Предыдущие две станции М-69 не полетели из-за аварий ракеты ПРОТОН. Следующие 4 станции М-73 летели к Марсу, но заданий не выполнили (планировался спутник Марса и мягкая посадка).

КА Марс-3 была оборудована системой космической автономной навигации - бортовой цифровой электронно-вычислительной машиной – БЦЭВМ. В Архиве П-К имеются документы по программам моделирования БЦЭВМ.

\\*\*\*А.К. Платонов

Автономная навигация – наше ИПМ-овское название пионерской работы Тимура Магометовича Энеева с главным конструктором первой бортовой вычислительной машины Г.Я. Гуськовым из Зеленограда. Эта работа 60-х годов произвела на меня неизгладимое впечатление. Дело в том, что мы часами рассчитывали эти навигационные задачи обработки траекторий и управления движением космическим объектом на двух самых к тому времени мощных ЭВМ БЭСМ-6. А Тимур Магометович Энеев каким-то чудом сумел "воткнуть" весь громадный объем этих алгоритмов в несравнимую по объему памяти и быстродействию машину Гуськова размером в солидный ящик. Как это удалось сделать, мне было трудно понять. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Американские исследования Марса

1964, 1969 – исследования Марса с пролетной траектории.

1971, ноябрь – Маринер-9 – искусственный спутник Марса для широкомасштабных и долгосрочных научных исследований.

1976 год, Викинг-1 – искусственный спутник Марса и первая работающая на поверхности Марса автоматическая станция (работала до 1982 года).

Сейчас на планете работают два американских марсохода – один с 2012, другой с 2018 года. \*\*\*\*\*\

## 5.2 Венера

Венеру называли "русской планетой" – М.В.Ломоносов открыл атмосферу Венеры в XVIII веке, советские КА особенно успешно изучали эту планету.

\\*\*\*В Архиве П-К

Имеются различные материалы по полетам к Венере 60-х и 70-х годов, в частности материалы по Венере-4 (1967). В программу миссии входила доставка спускаемого аппарата в атмосферу планеты. На основе измерений спускаемого аппарата была полностью пересмотрена модель атмосферы Венеры.

В Архиве П-К имеются большие альбомы форм-телеграмм по Венере-9 и 10, этими аппаратами были получены первые снимки с поверхности Венеры в 1975 году.

В Архиве П-К находится отчет В.А. Котельникова по радиолокации Венеры, проведенной с Земли в 1961 году. \*\*\*\*\*\

В 1961 году для уточнения астрономической единицы (среднее расстояние от Земли до Солнца) в СССР была предпринята радиолокация Венеры (Институт радиотехники и электроники АН СССР, директор В.А. Котельников). Тем самым были уточнены расстояния между планетами в солнечной системе, что было нужно для баллистических расчетов. В этом же году радиолокация Венеры была проведена в Англии и США, там были получены близкие результаты.

Вот рассказ о завершающем этапе полета КА Венера-4 в октябре 1967 года.

\\*\*\*Б.Е. Черток (ОКБ-1)

Мы с нарастающим волнением ждем появления слабого сигнала от маленького шарика спускаемого аппарата, покрытого надежной теплозащитой. Со скоростью 11 км/с он войдет в облачный покров Венеры. Если шарик сохранится, то последует отстрел люка, который потянет за собой парашют.

В 7 часов 44 минуты раздались восторженные вопли:

- Есть сигнал! Есть прием СА! Есть телеметрия!

- 7 часов 46 минут. Давление 960 мм, температура 78 градусов. Давление быстро растет...

- 8 часов 18 минут, Температура 167 градусов, давление 5,6 атмосферы!...

- 8 часов 53 минуты, один датчик давления зашкалил на показаниях 9,3 атмосферы, температура 250 градусов.

Келдыш удивленно сказал:

- А наши планетологи вовсе не ожидали, что давление может быть таким высоким...

«И зачем Келдыш ворчит?» - подумалось мне. Я чувствовал, что не только меня, но и всех нас охватывает непередаваемое восхищение открытием как таковым.

Кто-то из ученых прибежал от телеметристов и, задыхаясь от восторга, сообщил:

- Основной компонент атмосферы – CO<sub>2</sub>! Кислорода – один процент. Следов воды нет! Азота нет!

В этот день за один час снижения спускаемого аппарата на парашюте мы узнали о скрытых под облаками Венеры тайнах больше, чем открыла наука за предыдущие столетия.

Подобное чувство коллективного счастья я испытал, когда впервые проявлялась фотография обратной стороны Луны и когда после одиннадцати неудач наконец осуществили мягкую посадку и передали панораму с поверхности Луны. Но то была близкая и в общем хорошо знакомая Луна.

\*\*\*\*\*\

\\*\*\*Из Википедии

По мере получения новых данных о Венере в конструкцию аппаратов вносились изменения с целью приспособить их к экстремальным условиям планеты. До начала космических исследований основной моделью Венеры была землеподобная планета с океанами жидкой воды, сокрытыми за плотной атмосферой, поэтому первые версии аппаратов обладали запасом плавучести, позволявшим им не утонуть в предполагаемом венерианском океане, а последние были способны сохранять работоспособность при температуре больше 500 градусов и давлении больше 90 атмосфер. \*\*\*\*\*\

В 1970 году Венера-7 осуществила мягкую посадку на Венеру и передала информацию с поверхности. Венера-8 (1972 г.) – мягкая посадка на её дневной – освещенной солнцем – стороне. Была измерена освещённость – она оказалась такой же, как на Земле в пасмурный день. Венера-9 и Венера-10 (1975) передали на Землю панорамы планеты Венера, первый искусственный спутник Венеры.

КА из серии «Венера» до сих пор остаются единственными передавшими панорамы с поверхности планеты Венера. В то время (1975 год) это были первые панорамные изображения, переданные с поверхности другой планеты (следующая панорама – в 1976 году американский КА Викинг-1 передал панораму Марса).

\\*\*\*А.К. Платонов, Р.К. Казакова

До космических аппаратов Венера-9 и Венера-10 аппараты выводились на траекторию полёта к Венере с помощью ракеты Р-7 с 4 ступенями. Начиная с Венера-9 и Венера-10 в качестве ракетоносителя использовался «Протон» с 4 ступенями, что позволяло посылать к Венере аппараты гораздо большего веса. Для баллистиков это изменение означало переделку всех программ. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Дальнейшие исследования Венеры

В 1982 году Венера-13 и 14 провели прямой анализ грунта планеты и передали на Землю цветные панорамы, в 1983 году – подробная радиолокация Венеры со спутника Венеры, на основе полученных данных составлен атлас Венеры. В 1978 и 1989 годах радиолокацию Венеры провели американские КА, в 1978 г. их спускаемый аппарат осуществил мягкую посадку на поверхность Венеры, но панорамы не передавал. В 2000-е годы вокруг Венеры летало несколько спутников (ЕКА, Япония). \*\*\*\*\*\

## 6 Визуализация данных и SDS. ДИСПО. Кометы (70-80-е годы)

### 6.1 SDS, ДИСПО

\\*\*\*В Архиве П-К

В 70-е годы многочисленные программы по расчету движения КА и небесных тел были систематизированы в пакете прикладных программ небесной механики. Был придуман язык для удобного пользования этим пакетом (фактически язык обращения к подпрограммам). Многочисленные документы по этим работам есть в Архиве П-К.

Как говорил Г.А. Тюлин, "У ракеты кроме центра масс, законами движения которого традиционно занимаются баллистики, есть и еще кое-что". Он имел в виду ориентацию. Кроме программ построения траекторий, этот пакет содержал программы по ориентации КА, в ИПМ был разработан соответствующий язык для ориентации КА. Препринты по этим работам, написанные А.К. Платоновым и Р.К. Казаковой, имеются в Архиве П-К вместе с папками, содержащими распечатки текстов программ.

Огромные массивы результатов вычислений привели к желанию сделать их наглядными – их визуализировать. Когда в начале 70-х годов (возможно, несколько раньше) в ИПМ появилась американская ЭВМ SDS с графическим экраном и графопостроителем, в ИПМ начались работы по визуализации. В частности, SDS использовали для создания ДИСПО – Дисплейной Интерактивной Системы Построения Орбит (это была кандидатская диссертация Р.К. Казаковой). Многочисленные документы по ДИСПО есть в Архиве П-К.

Имеется несколько видеофайлов фильмов с анимациями, снятыми непосредственно с экрана SDS. \*\*\*\*\*\

На графическом экране ЭВМ SDS можно было специальным устройством – световым пером – указывать точки, координаты которых передавались в ЭВМ SDS. В некотором смысле это предтеча и сенсорных экранов, и теперь уже обычного интерфейса "Мышь" – тогда мыши еще не было (по крайней мере она тогда не получила широкого распространения). Сама ЭВМ SDS была маломощной, ее связали с машиной БЭСМ-6, на которой делались вычисления, а результаты расчетов передавались на SDS (возможно, это была одна из первых сетей вычислительных машин в СССР). Экран SDS использовался и для создания простейшей анимации. В ИПМ была сделана анимация нескольких задач: шагающих роботов, пролета массивного тела рядом с галактикой (Энеев, Козлов, Сюняев) и полета к комете Галлея. Видеофайлы с этими анимациями есть в Архиве П-К.

Был написан пакет ДИСПО – пакет интерактивных программ по небесной механике. Например, на экране, который схематически представляет область

космического пространства, можно было указать точку – и ее координаты передавались в программу вычисления траекторий, выходящих из этой точки. Разрешение экрана было, конечно, слишком маленьким, и программа не давала точных координат. Подобные проблемы обсуждаются в документах Архива П-К.

Экран SDS использовался также для управления программами – в документах Архива П-К описывается нечто вроде обычного в наше время экранного кнопочного меню.

\\*\*\*Г.Б. Ефимов:

Визуализация оказалась очень нужной. Она помогала видеть не детали, а всю проблему целиком. Д.Е. Охоцимский визуализацией очень интересовался.

Наши программисты говорили, что они решают принципиальные вопросы, а всякие удобства – это "бантики", которыми не стоит заниматься. Но оказалось, что "бантики" очень важны.

Борис Раушенбах, широкий и творческий человек, где-то писал, что естественные науки дедуктивные – идут от частного к общему, а искусство наоборот – дает весь образ сразу. Для познания необходимо и то и другое. Графики в Архиве П-К – визуализация траекторий – это и есть образ.

С конца 60-х-начала 70-х сотрудники ИПМ стали ездить на конференции, в том числе и за рубеж (США, ФРГ, Франция, Югославия ...). Некоторых ученых ИПМ за границей хорошо знали по их исследованиям в теоретической механике – В.В. Белецкого, В.А. Сарычева, М.Л. Лидова, Вс.А. Егорова. Их приглашали на конференции за границу, другие ездили туда за свой счет как туристы. Как научный турист Р.К. Казакова ездила на многие конференции и делала доклады по пакету программ ДИСПО, а также по работам с кометами.  
\*\*\*\*\*\

В Архиве П-К есть папка с перечнем конференций и рукописями статей для них по ДИСПО и по кометам. А.К. Платонов и Р.К. Казакова написали ряд препринтов ИПМ по этой тематике [13-17].

## 6.2 Кометы

\\*\*\*В Архиве П-К

Имеются многочисленные документы конца 70-х и начала 80-х годов, касающиеся комет: это справочные материалы по кометам, программы, рассчитывающие траектории комет и КА, летящих к ним, визуализация этих траекторий на графопостроителе SDS. Есть материалы по комете Галлея – расчеты траекторий возможных полетов КА к комете Галлея, отчет 1977 г. рабочей группы НАСА по комете Галлея, отчет комиссии The International Halley Watch. Также в архиве имеются рукописи статей Р.К. Казаковой и К.И. Чурюмова, фотографии с различных конференций, посвященных кометам. В 1983 году в ИПМ был снят фильм (он есть в Архиве П-К) о будущем полете к комете Галлея. Траектории снимались прямо с графического экрана



вычислительной машины SDS. Этот полет был осуществлен в 1984-86 гг., советские КА ВЕГА 1 и 2 пролетели мимо кометы на расстоянии около 8 тыс. км. \*\*\*\*\*\\

\\\*\*\*А.К. Платонов

В конце 70-х годов М.В.Келдыш поставил перед нами задачу найти такие кометы солнечной системы, к которым мы смогли бы долететь на существовавшей тогда ракете. Рассматривались варианты попадания в комету, пролета и посадки на нее. \*\*\*\*\*\\

\\\*\*\*Г.Б. Ефимов:

Тогда – в конце 70-х годов – Платонов и Казакова считали возможные перелеты к разным кометам, в том числе и к комете Галлея.

По просьбе Д.Е. Охочимского Раиса Константиновна Казакова написала программы вывода траекторий комет на графический дисплей и графопостроитель, которыми была оснащена ЭВМ SDS. Был даже некоторый ажиотаж вокруг всего этого. Я присутствовал, когда Андрей Николаевич Тихонов – тогда директор нашего института – приходил смотреть на эти результаты.

Одновременно сотрудники ИПМ Т.М. Энеев и Н.Н. Козлов занимались моделью образования солнечной системы из газо-пылевого облака – моделью, которую развивал О.Ю. Шмидт. В результате расчетов у них получалось, что за планетой Нептун может быть пояс астероидов, из которого к Солнцу могут прилетать короткопериодические астероиды или кометы типа кометы Галлея. То есть, возможно, в кометах находится первичное вещество нашей солнечной системы. Стали рассматривалась задача не только подлета к кометам, но и посадку на них и взятие образцов вещества. Но это дополнительные веса, обычными ракетами это трудно сделать. И тогда стали рассматривать полеты к кометам с малой тягой (электрические ракетные двигатели). И Дмитрий Евгеньевич подключил к этим работам Егорова и меня. Но это уже другая история. \*\*\*\*\*\\

В Архиве П-К есть рукопись статьи Р.К. Казаковой, написанной для Гагаринских чтений 2007 года, в которой она вспоминает свою работу по кометам.

\\\*\*\* Р.К. Казакова

Работы по определению оптимальных траекторий полетов КА к кометам выполнялись в соответствии с распоряжением Президиума АН СССР 1976 года. Задача состояла в проектировании таких полетов с применением существующих ракет и перспективных средств – электрореактивных двигателей. По совету астрономов по разным благоприятным признакам (величина кометы, яркость, скорость и т.д.) были выбраны 20 комет.

Перечислим кометы не для того, чтобы их запомнить, а чтобы насладиться их звучанием.

1 Энке – Баклунд, 2 Григг – Шьеллеруп, 3 М.Хонда-А.Мркос-Пайдушакова, 4 Темпль, ... 6 Тутль-Джакобини-Кресах, 7 Понс-Виненке, ... 11 Форбс, 12 Вольф-Харингтон, 13 Швассман-Вахман, ...17 Реймунд, 18 Брукс, 19 Харрингтон-2, 20 Чурюмов-Герасименко

Клим Иванович Чурюмов, наш Киевский коллега, узнав, что мы считаем полеты к кометам, попросил исследовать и его комету – комету Чурюмова-Герасименко.

К нашей общей радости, комета оказалась настолько удачной, что, произведя запуск в 1988 году, мы попадаем в нее в 89-м, но наша космическая программа была вся разрушена, и полеты в дальний космос отменены.

Мы большое исследование провели с кометой Энке. Рассматривался вариант сопровождения кометы в течение примерно 1,5 лет. Рассматривались также варианты полета с применением малой тяги. Подробные данные приведены в нашем препринте и в большом отчете, тогда еще отчет был с грифом "СЕКРЕТНО".

В жизни удалось осуществить только полеты к комете Галлея со станциями ВЕГА-1 и ВЕГА-2 в 1984-86 годах. На этапе подготовки полета нами и Ленинградским университетом был снят фильм об истории появления кометы Галлея за несколько сот лет. \*\*\*\*\*\

\\*\*\*Г.Б. Ефимов:

Комета Галлея прилетает раз в 76 лет. Есть даже мнение, что Тунгусский метеорит – осколок этой кометы. Особенность этой кометы – она летит навстречу Земле, поэтому относительные скорости огромные. Советские КА Вега-1-2 в 1986 году пролетели мимо нее по астрономическим масштабам довольно близко (от 8 до 9 тыс. км). КА Вега послужил лоцманом для европейского КА Джотто, который скорректировал орбиту и пролетел совсем близко, около 600 км от кометы. К комете тогда летали и японцы, американцы свой полет не осуществили из-за аварии Шаттла. \*\*\*\*\*\

## 7 Дополнительные материалы

\\*\*\*В Архиве П-К

Среди сданных в Архив РАН коробок с документами Архива П-К есть 6 коробок, которые помечены как дополнительные. В них в основном попали материалы, которые непосредственно не касаются вышеописанных тем, но, как нам кажется, могут представлять интерес. Это отчеты об американских проектах, написанные после командировок на иностранные конференции (например, отчеты о программах Аполлон, Shuttle). Подборки советских газет со статьями о космосе. Подборки переводов иностранной прессы о космосе (поездка Г.С. Титова в Америку в 1962 году). Комплект больших фотографий с похорон М.В. Келдыша. Иностранные материалы: фотографии Марса, снятые

КА VIKING-76, отчеты НАСА и т.д. В Дополнительные материалы попали и некоторые общественные и партийные документы отдела №5 (собрания и пр.), а также немногочисленные документы по темам, о которых мы говорили выше (документы были найдены на последнем этапе собирания архива). Также имеются несколько материалов по робототехнической тематике, которой занимался А.К. Платонов с конца 60-х годов.

Целая коробка Архива П-К содержит полные комплекты перфокарт отдельных пакетов программ – А.К. Платонов любил вспоминать, что их программа оказалась самой большой на конференции по программированию ВКП-2 в 1970 г. в Новосибирске. \*\*\*\*\*\

## Заключение

Начиная с подготовки полета в 1957 году Первого искусственного спутника Земли Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН (тогда АН СССР) в течение более 60 лет успешно выполняет возложенные на него работы по баллистическому и навигационному обеспечению проектирования и реализации полетов отечественных космических аппаратов. На основе переданных из ИПМ в архив РАН материалов космического архива Платонова-Казаковой прослеживаются некоторые этапы этой работы, описываются космические проекты, к которым материалы архива имеют непосредственное отношение, рассказывается об опыте организации баллистико-навигационного обеспечения в СССР. Этот опыт востребован в настоящее время и, по всей видимости, будет востребован в будущем.

## Литература

[1, 2] Платонов А.К., Казакова Р.К. Создание проектного и оперативного баллистического обеспечения полётов космических аппаратов. Часть 1: Проектные работы на первых ЭВМ // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, № 37, 2014. Часть 2: Оперативные работы на первых ЭВМ // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, № 38, 2014.

[3] Будинас Б.Л. РАХ SPUTNIKA (МИР СПУТНИКА). Видеофильм в трех частях. 2009. [https://keldysh.ru/budinas\\_video](https://keldysh.ru/budinas_video).

[4] Энеев Т.М., Платонов А.К., Казакова Р.К. Определение параметров искусственного спутника по данным наземных измерений. В сб. "Искусственные спутники Земли", вып.4. М., АН СССР, 1960г. с. 43-55.

[5] Платонов А.К., Казакова Р.К. Первая машинная обработка траекторных измерений спутника Земли // Вестник Российской Академии наук. Том 72, № 9, М., Изд. Наука, 2002

[6] Аким Э.Л., Энеев Т.М. Определение параметров движения космического летательного аппарата по данным траекторных измерений. *Космические исследования*. 1963, Вып.1, Т. 1, с. 5.

[7] Аким Э.Л. Определение поля тяготения Луны по движению искусственного спутника Луны «Луна 10». *ДАН СССР*, 1966, том. 170, № 4.

[8] Охоцимский Д.Е., Энеев Т.М., Ершов В.Г. "Исследования по динамике полета к Марсу и Венере". Отчет ИПМ № 561, 1959 г.

[9] Черток Б.Е. *Ракеты и люди*. Том 2,3. М.: РТСофт, 2011.

[10] Келдыш М.В. *Избранные труды*. Ракетная техника и космонавтика. М.: "Наука", 1988.

[11] Платонов А.К. Теория коррекции движения космических объектов. Отчет, 1964 г. Хранится в музее-кабинете М.В. Келдыша в ИПМ.

[12] Егоров В.А. "Исследование задачи попадания в Луну с территории СССР". Отчет ИПМ, № 305, 1958.

[13] Казакова Р.К., Платонов А.К. Система проектирования орбит в прикладных задачах небесной механики (ДИСПО) // *Препринты ИПМ им.М.В.Келдыша*, №106, 1976, 39 с.

[14] Платонов А.К., Казакова Р.К. Язык для расчета характеристик движения в прикладных задачах небесной механики // *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*, 1974. №78. 49 с.

[15] Платонов А.К., Казакова Р.К. Язык для описания вращения космического аппарата. / В сб. "Управление в пространстве" т.1, М.: Наука 1973. – 12 с.

[16] Платонов А.К., Казакова Р.К. Характеристики траекторий полета к кометам юпитерианской группы. Препринт ИПМ АН СССР. №74, М., 1990.

[17] Платонов А.К., Егоров В.А., Казакова Р.К., Ефимов Г.Б. Исследование оптимальных траекторий полета к кометам Солнечной системы. Отчет ИПМ, 1979 г.

[18] Голубев Ю.Ф., Сихарулидзе Ю.Г., Охоцимский Д.Е. «Алгоритмы управления космическим аппаратом при входе в атмосферу». М., 1975.

[19] Заславский Г.С., Кардашев Н.С., Степаньянц В.А., Тучин А.Г. и др. Коррекция траектории движения космического аппарата *СПЕКТР-Р* // *Космические исследования*, 2014, Т. 52. Вып. 5. С. 387-398.

[20] Заславский Г.С., Захваткин М.В., Кардашев Н.С., Степаньянц В.А., Тучин А.Г. и др. Проектирование коррекции траектории космического аппарата *СПЕКТР-Р* при наличии погружений его в сферу влияния Луны // *Космические исследования*, 2017, т.55. Вып. 4. С. 305-320.

[21] Павел Шубин. *Луна: история, люди, техника*. Москва, АСТ, 2019.

[22] Охоцимский Д.Е., Энеев Т.М., Таратынова Г.П. Определение времени существования искусственного спутника Земли и исследование вековых возмущений его орбиты. УФН, специальный выпуск, 1957, сентябрь.

[23] Левантовский В.И. *Механика космического полета в элементарном изложении*. М.: Наука, 1974.

[24] Егоров В.А. О некоторых задачах динамики полета к Луне // Успехи физ. наук, 1957, т.63, Специальный выпуск, с. 73–117.

[25] М.Л. Лидов — яркое имя в космической науке. Сборник докладов / Под ред. М.А. Вашковьяка. — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2016.

[26] Машиностроение. Энциклопедия. Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Ракетно-космическая техника, 2012. 925 с. Т.IV-22. Кн. 1. С. 233.

[27] Боровин Г.К., Заславский Г.С., Степаньянц В.А., Тучин А.Г. Непрерывному плодотворному сотрудничеству НПО имени С.А. Лавочкина и ИПМ имени М.В. Келдыша РАН в освоении космоса – более полувека // Вестник НПО им. С.А.Лавочкина. 2017, №2 (36), с. 67-74.

## Оглавление

Введение .....	3
1 Об Архиве Платонова-Козаковой (Архив П-К) .....	3
1.1 Кратко о материалах Архива П-К .....	3
1.2 История Архива П-К.....	6
2. Задачи конца 50-х и начала 60-х годов в Архиве П-К.....	9
2.1 Крылатые ракеты Буря и Буран .....	9
2.2 1957 – Спутник .....	10
2.3 1959 – Луна .....	16
2.4 Начало 60-х. Старт с орбиты. Коррекция. МВ (Марс-Венера).....	19
2.5 Проблемы начала 60-х .....	22
3 О работе баллистических центров: воспоминания .....	24
3.1 Три баллистических центра .....	24
3.2 Навигация и баллистика .....	27
3.3 Телеграммы-формы.....	29
3.4 Все начинается с баллистики .....	31
4 Луна, 60-70-е годы: программы Е-6, Е-8, Зонды (Л-1).....	32
4.1 Программа Е-6.....	32
4.2 Программа Е-8 (1969-76).....	36
4.3 Зонды Z-6, Z-7, Z-8.....	40
5 Марс-Венера (60– 70-е годы) .....	42
5.1 Марс .....	42
5.2 Венера.....	43
6 Визуализация данных и SDS. ДИСПО. Кометы (70-80-е годы).....	46
6.1 SDS, ДИСПО .....	46
6.2 Кометы.....	47
7 Дополнительные материалы .....	49
Заключение.....	50
Литература .....	50