



Афендикова Н.Г.

К истории начала
космической эры. Докладная
записка Тихонравова

Рекомендуемая форма библиографической ссылки: Афендикова Н.Г. К истории начала космической эры. Докладная записка Тихонравова // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2015. № 52. 22 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2015-52>

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

Н.Г.Афендикова

**К истории начала космической эры.
Докладная записка Тихонравова**

Москва — 2015

Афендикова Н.Г.

К истории начала космической эры. Докладная записка Тихонравова

В кабинете-музее академика М.В. Келдыша хранятся уникальные документы – отчеты и докладные записки, рассказывающие о советских космических исследованиях до запуска первого искусственного спутника Земли. Одним из них является докладная записка М.К. Тихонравова «Об искусственном спутнике Земли» (1954 год). Представленная работа рассказывает об истории ее написания и о связях между людьми, к ней причастными. Приведен полный текст этой записки¹.

Ключевые слова: кабинет-музей академика М.В. Келдыша, М.К. Тихонравов, первый искусственный спутник Земли.

Nadezhda Gennadievna Afendikova

On the History of the Beginning of the Space Age. Tikhonravov's Memorandum

The collection of the Academician M.V. Keldysh Memorial Museum contains unique documents – reports and memoranda about Soviet space research before the first artificial Earth satellite was launched. One of them is a memorandum by M.K. Tikhonravov “On the artificial Earth satellite” (1954). This paper describes the history of the writing of this memorandum and explores the connections between the people privy to it. The full text of the memorandum is included.

Keywords: Academician M.V. Keldysh Memorial Museum, M.K. Tikhonravov, first artificial Earth satellite.

© Кабинет-музей академика М.В. Келдыша

¹ При использовании ссылка на кабинет-музей академика М.В. Келдыша обязательна.

В кабинете-музее академика М.В. Келдыша хранится исторический документ – Докладная записка «Об искусственном спутнике Земли». Практически во всех текстах, посвященных запуску первого искусственного спутника Земли (ИСЗ), упоминается докладная записка М.К. Тихонравова, которую приложил к своему письму С.П. Королев, обращаясь в Правительство СССР в мае 1954г. Вот это письмо, опубликованное в [1].

По Вашему указанию представляю докладную записку тов. Тихонравова М. К. «Об искусственном спутнике Земли», а также переводной материал о работах в этой области, ведущихся в США. Проводящаяся в настоящее время разработка нового изделия позволяет говорить о возможности создания в ближайшие годы искусственного спутника Земли.

Путем некоторого уменьшения веса полезного груза можно будет достичь необходимой для спутника конечной скорости 8000 м/сек . Изделие – спутник может быть разработано на базе создающегося сейчас нового изделия, упомянутого выше, однако при серьезной переработке последнего.

Мне кажется, что в настоящее время была бы своевременной и целесообразной организация научно-исследовательского отдела для проведения первых поисковых работ по спутнику и более детальной разработки комплекса вопросов, связанных с этой проблемой.

Прошу Вашего решения.

Письмо является первым официальным документом, в котором С.П. Королев ставит вопрос о начале практических работ по созданию ИСЗ в связи с создававшейся тогда межконтинентальной баллистической ракетой. Находящаяся в кабинете-музее Докладная записка М.К. Тихонравова никогда не публиковалась в печати. Тем не менее, ссылки на нее и краткое изложение ее содержания есть в [5], а в [8] полностью приведен первый абзац.

С большой долей вероятности хранящийся в кабинете-музее документ является вторым печатным экземпляром именно этой записки. В девяностые годы усилиями сотрудников Института прикладной математики были рассекречены и спасены некоторые документы из Первого отдела института, в их числе и эта Докладная записка. Ее полный текст приведен в Приложении. На Рис.1 представлена фотография первой страницы этой записки.

После прочтения Докладной записки становится ясно, что этот экспонат кабинета-музея требует комментариев. И первый из них – это ответ на вопрос, каким образом он вообще оказался в ОПМ (Отделение прикладной математики МИАН СССР)? И этот ответ по сути оказывается рассказом о том, как идея запуска искусственного спутника Земли (ИСЗ) в СССР изменялась от фантастической до близкой к реальному воплощению и кто из ученых сыграл в этом важную роль.

Ильин 2
 01.11.1982 год

Экз. № 2

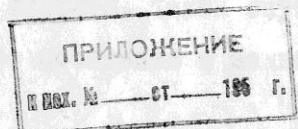
ДОКЛАДНАЯ ЗАПИСКА

об искусственном спутнике Земли

В настоящее время имеются реальные технические возможности достижения с помощью изделий Р скорости, достаточной для создания искусственного спутника Земли. Наиболее реальным и осуществимым в кратчайший срок является создание искусственного спутника Земли в виде автоматического прибора, который был бы снабжен научной аппаратурой, имел бы радиосвязь с Землей и обращался вокруг Земли на расстоянии порядка 170-1100 км от ее поверхности. Такой прибор будем называть простейшим спутником.

Простейший спутник мыслится как аппарат без людей, движущийся по эллиптической орбите и предназначенный для научных целей. Вес такого спутника мог бы быть порядка 2000 - 3000 кг, считая и научную аппаратуру. Как будет видно из дальнейшего, пути реализации простейшего спутника в настоящее время принципиально ясны. Без сомнения, некоторые вопросы потребуют дальнейших исследований, но, во всяком случае, можно говорить о создании технического проекта простейшего спутника. Срок осуществления его зависит исключительно от сроков осуществления изделия Р, с помощью которого возможно получение нужной скорости. Проектирование спутника может идти параллельно с созданием такого изделия Р. В случае, если в этом направлении работа будет начата немедленно, создание простейшего спутника может быть осуществлено в ближайшее время.

Однако на базе тех же изделий Р возможно, как показали расчеты, осуществление целой программы работ, постепенно



История создания этого документа связывает академика М.В. Келдыша, директора ОПМ МИАН СССР, С.П. Королева, начальника ОКБ-1, сотрудников ОПМ Д.Е. Охоцимского, Т.М. Энеева, сотрудников НИИ-4 (Научно-исследовательский институт МО, его основная задача – создание реактивного вооружения и организация научно-исследовательских и экспериментальных работ в этой области) М.К. Тихонравова, И.М. Яцунского, Г.Ю. Максимова, И.К. Бажинова.

Официальным документом, который считается первым на пути выхода нашей страны в космос, является постановление Совета министров СССР «Вопросы реактивного вооружения» от 13 мая 1946 года [2]. Хотя там нет ни слова об ИСЗ, о полете человека на ракете и о межпланетных полетах (все это звучало бы просто не серьезно в то время). В космос могли привести ракеты дальнего действия. Тому, что это прекрасно понимал С.П. Королев, есть многочисленные подтверждения в воспоминаниях его коллег и родных, но, конечно, он публично не высказывался на эту тему в начале своей деятельности. Первоочередной задачей, безусловно, являлось создание межконтинентальных баллистических ракет, способных нести ядерный боезаряд.

Но был человек, который с удивительным упорством начиная с 1948 года выступал с идеей о возможности запуска ИСЗ. Это Михаил Клавдиевич Тихонравов, сотрудник НИИ-4, в котором небольшая группа сотрудников под его руководством занималась теоретическими исследованиями по созданию искусственного спутника Земли. В 1948 году он установил, что при современном состоянии ракетостроения (имелась в виду Фау-2), собрав "пакет ракет", можно достичь первой космической скорости. О деятельности Тихонравова и его группы подробно написано в [3, 4, 5].

Показательно, что руководство НИИ-4, мягко говоря, не одобряло эти работы, но, благодаря тому, что о них знал С.П. Королев и поддерживал их, в НИИ-4 в 1949 году было направлено техническое задание на выполнение НИР: «Исследование возможности и целесообразности создания составных ракет дальнего действия типа "пакет"». С начала 1954 года было официально разрешено в НИИ-4 выполнение научной темы: «Исследования по вопросу создания искусственного спутника Земли», заказанной ОКБ-1. Ряд вопросов, касающихся возможности запуска ИСЗ, был к тому времени рассмотрен группой М.К. Тихонравова [4]. Ранее, с лета 1953 года Д.Е. Охоцимский и Т.М. Энеев [6] обсуждали с М.К. Тихонравовым и его сотрудниками в ОПМ вопросы, связанные с выводением спутника на орбиту и спуском с орбиты. Д.Е. Охоцимский и Т.М. Энеев показали свои разработки по выведению ракеты на горизонтальный полет. Тогда же Т.М. Энеев провел свои первые расчеты по баллистическому спуску с орбиты. Это объясняет, почему появились имена Д.Е. Охоцимского и Т.М. Энеева на последней странице докладной записки. Докладная записка не является научной работой, но дает представление о проделанной работе, направлениях дальнейших исследований.

Напомним известные факты из научной биографии М.В. Келдыша. В апреле 1944 г. в МИАН создали отдел механики, которым с июня 1944 г. по июнь 1953 г. заведовал М.В. Келдыш. В этом отделе и позже в Отделении прикладной математики МИАН под его руководством Д.Е. Охоцимским, Т.М. Энеевым, С.С. Камыниным и другими проводились исследования по баллистике полета управляемых жидкостных ракет и динамике полета составных ракет дальнего действия [6].

30 ноября 1946 г. М.В. Келдыш был избран действительным членом Академии наук по Отделению технических наук. На следующий же день его назначают начальником, а с августа 1950 г. – научным руководителем НИИ-1 (Реактивный научно-исследовательский институт, ныне Исследовательский центр им. М.В. Келдыша), занимающегося проблемами прикладных задач ракетостроения. С этого времени деятельность Келдыша неразрывно связана с ракетной техникой и освоением космоса. По воспоминаниям академика В.П. Мишина [7], знакомство М.В. Келдыша с С.П. Королевым состоялось осенью 1947г. Установился тесный контакт между НИИ-88 (в составе которого находилось королевское ОКБ-1) и НИИ-1. Например, НИР по теме Н-3 «Исследование перспектив создания ракет с большой дальностью полета с целью получения их основных конструктивных и летно-технических характеристик» проводились в ОКБ-1, в ОПМ и в НИИ-4.

14 февраля 1954г. М.В. Келдыш в ОПМ организовал совещание, на котором присутствовали С.П. Королев, П.Л. Капица, Л.И. Седов, С.Э. Хайкин, И.А. Кибель, Д.Е. Охоцимский, Т.М. Энеев, В.А. Егоров, В.А. Сарычев, М.К. Тихонравов, Г.Ю. Максимов, И.М. Яцунский. На совещании обсуждались примерные сроки и технические вопросы запуска первого искусственного спутника Земли, научные проблемы, которые предполагалось решить с помощью аппаратуры на ИСЗ. Кроме состава научных экспериментов, обсуждался также вопрос об ориентации спутника: запускать ли неориентированный спутник или следует разрабатывать достаточно долго функционирующую систему ориентации [6].

Вспомним, что до первых летных испытаний легендарной МБР Р-7 было еще более трех лет. Как известно, постановлением СМ СССР от 13 февраля 1953 года было положено начало работ над МБР Р-7, а постановление о разработке, изготовлении и испытаниях ракеты «Р-7» принято 20 мая 1954 года. Тем не менее С.П. Королев был убежден, что вывод ИСЗ может быть осуществлен, именно он, конструктор ракетной техники, как никто другой был уверен, что ракета, способная вывести спутник на орбиту, будет сделана. Но, как показывает совещание в ОПМ, С.П. Королеву была нужна поддержка Академии наук.

Вероятней всего, докладная записка Тихонравова и его сотрудников к тому моменту уже была написана. Известно, что в марте-апреле 1954 года Келдыш несколько раз встречался с президентом Академии наук А.Н. Несмеяновым и знакомил его с документом, написанным Тихонравовым. Идея запуска ИСЗ получила одобрение Академии наук.

В заключение расскажем кратко о содержании Докладной записки. В ней обсуждаются различные проблемы, связанные с простейшим спутником: вопросы вывода на орбиту, формирования этой орбиты, ориентации спутника. Далее говорится, что следующим этапом работ после простейшего спутника будут задачи освоения человеком техники полета в космос, создание спутников–станций. Обсуждается научное значение спутника. Фактически представлена научная программа освоения космоса.

Докладная записка М.К. Тихонравова приведена в авторской орфографии.

Литература

1. Творческое наследие Сергея Павловича Королева. М.: Наука, 1980.
2. Советская космическая инициатива в государственных документах. М.: РТСофт, 2008.
3. Брыков А.В. У космоса в плену. М.: Изд-во Центра перспективных технологий Международной инженерной академии, 2000.
4. Бажинов И.К. О работах группы М.К.Тихонравова в НИИ-4 Министерства обороны СССР // Космонавтика и ракетостроение. 2002, №1.
5. Кантемиров Б.Н. Михаил Клавдиевич Тихонравов. М.: Наука, 2014.
6. Прикладная небесная механика. К 90-летию со дня рождения Д.Е. Охоцимского. М.: Изд-во ИПМ РАН, 2010.
7. М.В. Келдыш. Творческий портрет по воспоминаниям современников. М.: Наука, 2002.
8. Пономарёва В. Спутник: от вредной идеи к национальному символу. // Вокруг света, № 10, 2007.

Приложение

ДОКЛАДНАЯ ЗАПИСКА

Об искусственном спутнике Земли

В настоящее время имеются реальные технические возможности достижения с помощью изделий Р скорости, достаточной для создания искусственного спутника Земли. Наиболее реальным и осуществимым в кратчайший срок является создание искусственного спутника Земли в виде автоматического прибора, который был бы снабжен научной аппаратурой, имел бы радиосвязь с Землей и обращался вокруг Земли на расстоянии порядка 170-1100 км от ее поверхности. Такой прибор будем называть простейшим спутником.

Простейший спутник мыслится как аппарат без людей, движущийся по эллиптической орбите и предназначенный для научных целей. Вес такого спутника мог бы быть порядка 2000 – 3000 кг, считая и научную аппаратуру. Как будет видно из дальнейшего, пути реализации простейшего спутника в настоящее время принципиально ясны. Без сомнения, некоторые вопросы потребуют дальнейших исследований, но, во всяком случае, можно говорить о создании технического проекта простейшего спутника. Срок осуществления его зависит исключительно от сроков осуществления изделия Р, с помощью которого возможно получение нужной скорости. Проектирование спутника может идти параллельно с созданием такого изделия Р. В случае, если в этом направлении работа будет начата немедленно, создание простейшего спутника может быть осуществлено в ближайшее время.

Однако на базе тех же изделий Р возможно, как показали расчеты, осуществление целой программы работ, постепенно приближающих нас к созданию искусственного спутника Земли, значительно более совершенного, чем простейший спутник, такого, на котором могли бы существовать люди.

Кратко эта программа могла бы заключаться в следующем.

Начальным этапом работ должен быть указанный выше простейший спутник. Наряду с простейшим спутником в этот же этап работ должны быть включены освоение человеком техники полета на изделиях Р и разработка методов безопасного спуска со спутника на Землю. Заметим, что практическая разработка этих методов возможна, как будет видно из дальнейшего, и до осуществления спутников с людьми.

Таким образом, включением в начальный этап работ полетов человека на изделиях Р, а также изучения и разработки методов безопасного спуска, достигается естественный переход от простейшего спутника к небольшому экспериментальному спутнику с людьми, рассчитанному на длительное пребывание 1-2 человек на круговой орбите.

Наряду с научными задачами, на этом спутнике должны быть изучены условия длительного существования людей в условиях невесомости и экспери-

ментально решен вопрос о создании спутника-станции, являющегося дальнейшим этапом работ в этом направлении.

Спутник-станция должен быть достаточно больших размеров, иметь собственные энергетические установки и различное оборудование, и в нем должны быть созданы условия, необходимые для существования людей, т.е. решены вопросы воздушноснабжения, пищевого режима и т.д., возможно, создана необходимая минимальная сила тяжести. Такой спутник должен иметь более или менее регулярное сообщение с земной поверхностью.

Значение такого спутника трудно переоценить. Он может быть лабораторией для целого ряда научных исследований, он может иметь огромное народно-хозяйственное значение, т.к., например, позволит длительное время наблюдать процессы, происходящие на Земле и т.д. Наконец, он может быть отправной станцией для исследования, например, Луны и других планет.

Далее изложенные выше этапы работ рассматриваются более подробно, причем основное внимание уделяется ближайшему этапу работ – простейшему спутнику и полетам человека на изделиях Р.

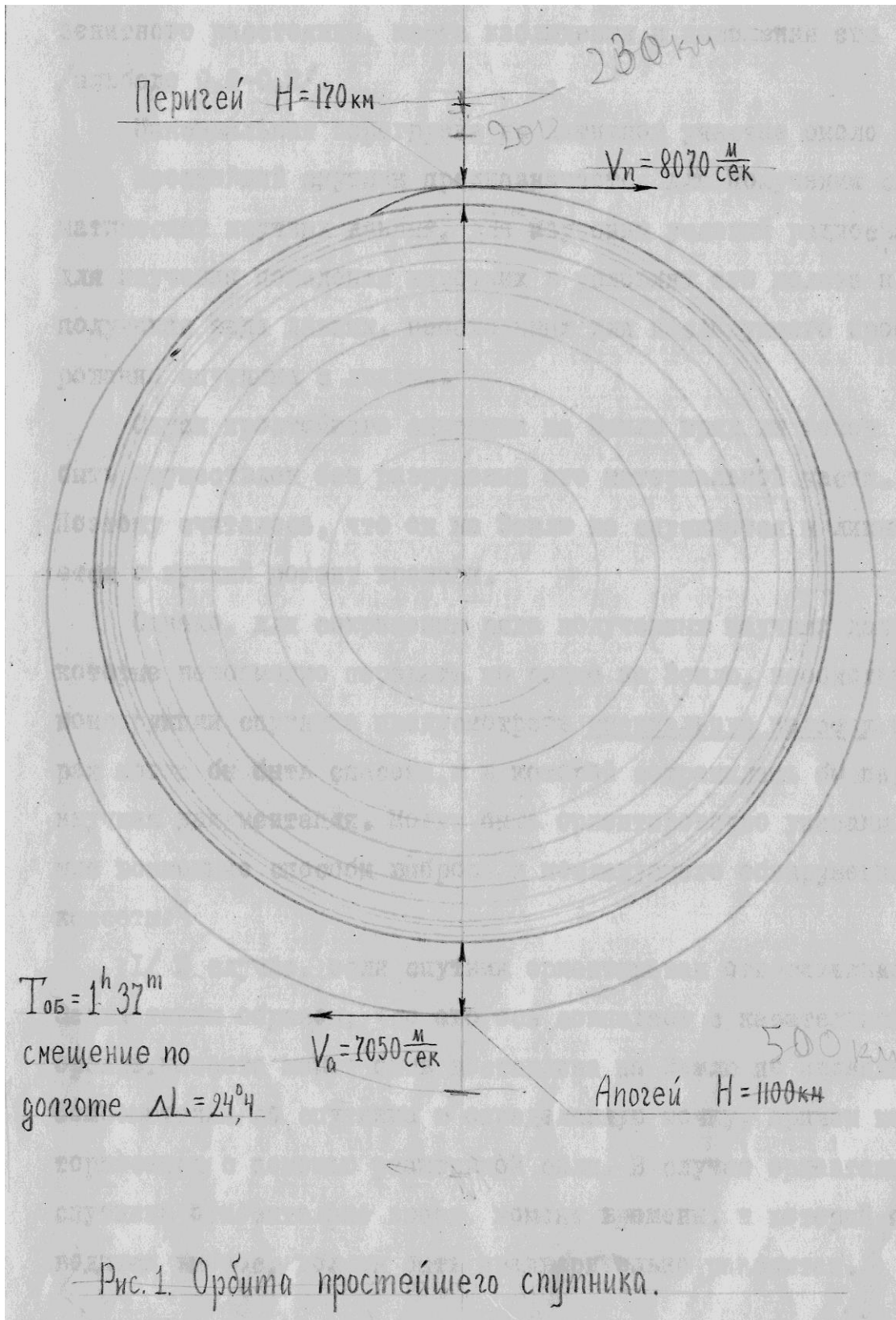
ПРОСТЕЙШИЙ СПУТНИК

Простейший автоматический спутник может рассматриваться как первый этап создания более совершенных и сложных спутников. Действительно, простейший спутник мыслится как аппарат без людей, в связи с чем отпадает ряд проблем, связанных с необходимостью подъема человека на орбиту. Кроме того, простейший спутник может двигаться по эллиптической орбите, получение которой проще, чем круговой, наиболее целесообразной для спутника-станции. Можно показать, что для получения движения по круговым орбитам целесообразно разделить активный участок полета на две части; при этом наиболее экономным в смысле затрат энергии является следующий путь. Активный участок выбирается так, чтобы вектор скорости изделия Р относительно центра Земли в конце первой части активного участка был перпендикулярен радиусу Земли. Величина скорости после окончания работы двигателя должна обеспечивать движение спутника по эллипсу с апогеем, высота которого равна высоте круговой орбиты. Перигей этого эллипса будет совпадать с точкой, в которой оканчивается работа двигателя. В апогее этого эллипса производится добавочное дожигание топлива, после чего спутник выходит на круговую орбиту или на орбиту, близкую к ней.

Если для простейшего спутника мы откажемся от дожигания топлива в апогее эллипса, которое сопряжено с необходимостью достаточно точно определять точку апогея и ориентировать в этой точке спутник, то получим движение по эллипсу, который для спутника с круговой орбитой являлся бы переходным.

Произведенные расчеты дают следующие характеристики орбиты такого спутника (рис.1). Эти характеристики получены при весе спутника в 3000 кг, не

считая веса конечной ступени изделия Р, которая может отделяться от спутника, но может и не отделяться.



Высота перигея над поверхностью Земли 170 км. Высота апогея соответственно 1100 км. Вследствие довольно низкой высоты перигея, где, хотя и незначительно, существует сопротивление атмосферы, спутник в конце концов упадет на Землю, но до этого он совершит более 300 оборотов, т.е. будет обращаться вокруг Земли более чем 20 суток.

Период обращения вокруг Земли 1 час 37 мин. За 24 часа спутник делает 15 оборотов, каждый раз смещаясь по долготе на $24,4^\circ$ к западу. Путем уменьшения веса спутника можно увеличить высоту перигея и тем самым увеличить продолжительность времени обращения спутника вокруг Земли. На этом вопросе мы остановимся, когда будем говорить о весе спутника.

Место старта и направление пуска изделия Р (азимут) выбраны таким образом, чтобы к скорости изделия Р добавилась возможно большая составляющая окружной скорости Земли (~ 200 м/сек) и в то же время, чтобы полет спутника возможно большее время проходил над нашей территорией. Последнее является главным. За каждые сутки спутник в течение 16 ч. десять раз проходит над нашей территорией. В это время осуществляется радиоприем различных данных со спутника. В момент выхода на орбиту широта перигея $\sim 50^\circ$, долгота $\sim 45^\circ$, азимут орбиты в перигее 35° . При этом наклонение орбиты 68° . При этих условиях пуска спутник будет подниматься приблизительно до полярного круга и будет непрерывно находиться над нашей территорией максимум в течение 15 минут за время одного оборота.

При надлежащем выборе момента времени пуска орбита может быть осуществлена так, чтобы ее плоскость была перпендикулярной к направлению на Солнце. В этом случае первые восемь суток обращения Солнце будет непрерывно освещать спутник, т.е. последний будет обращаться, не погружаясь в земную тень. Скорость относительно центра Земли в перигее 8,07 км/сек. Скорость в апогее 7,050 км/сек. Эксцентриситет орбиты 0,067.

Смещение перигея за один оборот вследствие эллиптичности Земли $4,35'$ (на юго-запад), т.е. примерно за сутки $- 1^\circ$. Максимальное изменение наклонения орбиты от начального значения меньше $\pm 2,55'$.

Ночью спутник будет виден, если он находится в лучах Солнца, как звезда от $- 1,75$ до 9 величины в зависимости от зенитного расстояния, места наблюдения и положения его (альбедо 0,6-0,2).

Максимальная перегрузка на активном участке около 11.

Простейший спутник предназначается для получения систематических научных данных, для изучения условий радиосвязи, для изучения поведения животных в условиях его полета и для получения ряда данных, необходимых для последующего проектирования спутника с людьми.

Спуск простейшего спутника на Землю вряд ли может быть осуществлен без разрушения его материальной части. Поэтому считалось, что он на Землю не спускается и ликвидируется в нужный момент времени.

Однако, для сохранения ряда полученных научных данных, которые невозможно передать по радио на Землю, необходимо в конструкции спутника

предусмотреть специальную кассету, которая могла бы быть спасена и в которой сохранилась бы первичная научная документация. Могут быть ориентировочно указаны следующие возможные способы выброса и последующего обнаружения такой кассеты:

1) В случае, если спутник ориентирован относительно Земли таким образом, что его ось совпадает с касательной к орбите, кассета может быть доставлена на Землю по принципу бомбометания со спутника в определенную точку, причем кассета тормозится с помощью реактивной силы. В случае ориентации спутника относительно звезд момент времени, в который производится выброс, должен быть предварительно рассчитан.

2) Выброс кассеты на одном из последних его оборотов перед падением на Землю. Предварительно необходимо отделить кассету от спутника и стабилизировать ее за счет аэродинамических сил. Затем при помощи реактивного импульса, даваемого в нужный момент с целью спуска в удобном месте, кассета должна быть переведена на более крутую траекторию и должна упасть на Землю.

Обнаружение кассеты может быть выполнено различными способами. Например, путем приема сигналов от радиопередатчика, выбрасываемого вместе с кассетой или, возможно, путем использования для обнаружения кассеты радиоактивного вещества, применяя специальные индикаторы. Место падения можно будет засечь, ориентируясь по интенсивности радиоизлучения от кассеты.

На спутнике возможно поместить телевизионную установку для передачи показаний приборов и других изображений на Землю. Вес такой установки мог бы быть порядка 300 кг.

Простейший спутник, если не будет принято никаких мер, будет телом неориентированным в пространстве. Такой неориентированный спутник дает возможность осуществить радиосвязь с Землей и передачу ряда научных данных. Для решения, однако, некоторых научных проблем желательна определенная ориентация спутника. Эта задача достаточно сложна и в случае невозможности быстрого ее решения, первый спутник должен быть сделан неориентированным, тем более, что помимо научного пуска первого спутника в нашей стране будет иметь также огромное политическое значение.

Из ряда возможных решений вопроса ориентации могут быть указаны следующие:

1. В случае ориентации относительно неподвижных звезд на спутнике необходимо иметь трубы, в поле зрения которых находились бы заранее выбранные звезды. Количество труб должно быть 4-6. Число 6 соответствует самому невыгодному случаю. При удачном выборе звезд, например, две звезды у горизонта впереди спутника на угловом расстоянии $60-120^\circ$ и, соответственно, две звезды сзади него, возможно, удастся обойтись четырьмя трубами. Необходимо, чтобы незадолго до отделения спутника от изделия Р, звезды уже находились в поле зрения труб. Это может быть достигнуто заранее рассчитанной установ-

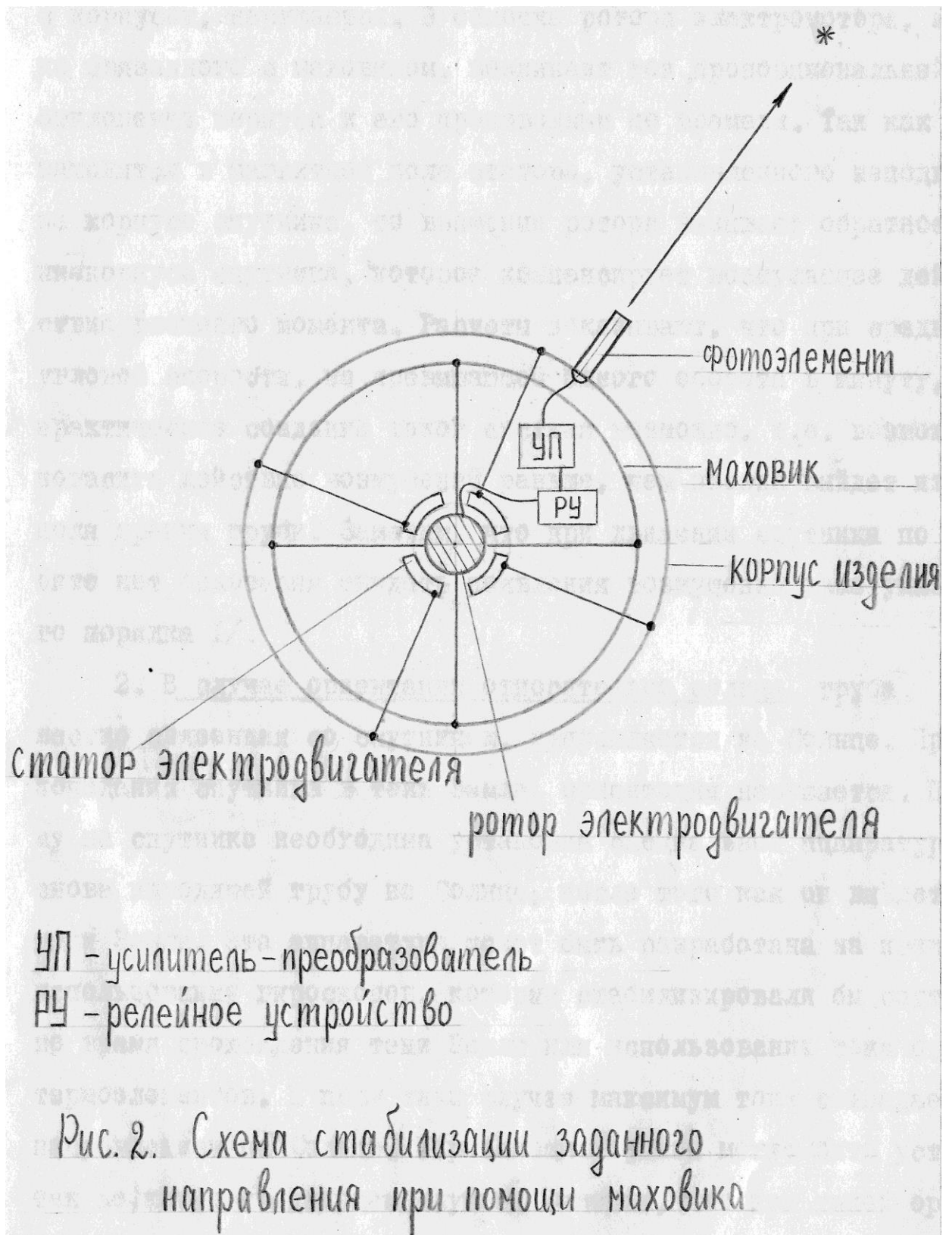
кой труб. При этом важно, чтобы спутник был выпущен в определенный момент времени с точностью хотя бы до 1-2 минут, т.к. за это время небесный свод повернется всего на $15' - 30''$. Поле зрения труб должно быть порядка нескольких градусов, что при достаточно ярких выбранных звездах обеспечивает попадание их в поле зрения и исключает возможность попадания других ярких звезд, которые могли бы нарушить ориентировку. Движение современных изделий Р на активном участке, с точки зрения угловых отклонений, позволяет осуществить такую систему.

Сигналы от фотоэлементов, установленных в трубах, передаются на управляющие органы, которыми могут быть или парогазовая система сопел в трех плоскостях, или система маховиков (рис.2). Последняя система исключает расход парогаса, кроме, возможно, начального участка орбиты, где возмущения наибольшие. На этом участке, по всей вероятности, необходимо будет применение парогазовой системы.

Принцип действия системы с маховиком заключается в следующем. При воздействии внешнего возмущающего момента на корпус спутника настройка на звезду трубы, жестко связанной с корпусом, нарушается. В обмотке ротора электромотора, жестко связанного с маховиком, возникает ток, пропорциональный углу отклонения корпуса и его производным по времени. Так как ротор находится в магнитном поле статора, установленного неподвижно на корпусе спутника, то вращение ротора вызывает обратное вращение корпуса спутника, которое компенсирует возмущающее действие внешнего момента. Расчеты показывают, что при средней угловой скорости, не превышающей одного оборота в минуту, практическое создание такой системы возможно, т.е. возможно погасить действие возмущений раньше, чем звезда выйдет из поля зрения трубы. Заметим, что при движении спутника по орбите нет основания ожидать появления возмущений даже указанного порядка².

2. В случае ориентации относительно Солнца труба, жестко связанная со спутником, направляется на Солнце. При попадании спутника в тень Земли ориентация нарушается. Поэтому на спутнике необходима установка специальной аппаратуры, снова наводящей трубу на Солнце, после того как он выйдет из тени Земли. Эта аппаратура может быть разработана на принципе использования гироскопов, которые стабилизируют бы спутник во время прохождения тени Земли или использования тока от термоэлементов. В последнем случае максимум тока совпадает с направлением на Солнце, управляющие органы могут быть устроены так же, как в предыдущем случае. Заметим, что при такой ориентации не устраняется вращение относительно оси, направленной на Солнце.

² Ограничение в величине средней угловой скорости связано с трудностью получения источников большой мощности на спутнике



3. В случае ориентации относительно Земли может быть предложен метод, основанный на использовании какой-либо искусственной вертикали. Вертикаль может быть создана

а) при помощи фотоэлементов, направленных на линию горизонта. Фотоэлементы должны быть направлены под определенными углами и настроены на горизонт до отделения спутника от изделия Р. В связи с изменением высоты спутника при его движении по эллиптической орбите углы между осью спутника, направленной по вертикали, и осями фотоэлементов должны автоматически меняться для того, чтобы линия горизонта не уходила из поля зрения последних. Изменение углов может производиться по сигналам от самих фотоэлементов.

б) При помощи радиоволн (радиовертикаль). Радиовертикаль ввиду большого удаления спутника от Земли и, следовательно, малого влияния неровностей рельефа, будет достаточно точна. Создание радиовертикали возможно в случае, если удастся получить на спутнике необходимые мощности электроэнергии. Управляющие органы могут быть устроены такими же, как и в предыдущих случаях.

в) При помощи специальных приспособлений, использующих свойства гравитационного поля Земли. Не останавливаясь подробно на этом случае, укажем лишь, что, как показывают предварительные исследования, при достаточно малых возмущениях в конце активного участка изделия возможно достаточно просто ориентировать спутник относительно Земли, используя неоднородность поля земного тяготения.

Ограничение в величине средней угловой скорости связано с трудностью получения источников большой мощности на спутнике

Кроме изложенных способов ориентации возможны другие, более совершенные, но и более сложные, например, астронавигация. Но для решения ряда научных задач перечисленные способы, по-видимому, будут достаточными.

Наконец, необходимо остановиться на вопросе радиосвязи со спутником. Так как непосредственная связь будет возможна только в пределах прямой видимости, то, при условии расположения принимающих радиостанций на нашей территории в числе 3-4 станций, в состав радиоаппаратуры спутника должно входить специальное запоминающее устройство, работающее, пока спутник будет находиться под горизонтом. Тогда полученные данные могли бы быть переданы во время прохождения спутника над нашей территорией.

Что касается источников питания для радиостанции на спутнике, то в случае, если ими являются аккумуляторы, их вес может быть оценен в 280 кг на 6 часов непрерывной работы. Если удастся решить вопрос о создании специального источника электроэнергии на самом спутнике, хотя бы за счет использования энергии Солнца, можно будет говорить о круглосуточной работе радиостанции спутника.

На основании всего сказанного можно составить следующую весовую сводку для простейшего спутника весом 3000 кг.

1. Конструкция с устройствами для ориентации спутника	1300 кг
2. Источники питания	
в случае применения аккумуляторов на 6 ч. непрерывной работы	280 кг
в случае использования энергии солнца (напр. термоэлементы)	100 кг
3. Средства связи с Землей:	
Радиостанция с запоминающим устройством	170 кг
Телеустановка	300 кг
Кассета с устройством для ее спуска на Землю	180 кг
4. Научно-исследовательская аппаратура:	
научная аппаратура	510-1250 кг
киноаппарат, пленка, животные	160 кг

Эти грузы не все сразу должны помещаться на спутнике. Например, батарея аккумуляторов может быть заменена термоэлектрической установкой и т.д.; киноаппарат и животные могут браться не в каждый полет. Для научной аппаратуры поэтому может быть использован различный вес. Если радиостанцию мы берем в каждый полет, то научная аппаратура может весить 510 - 1070 кг при условии, что источником питания являются аккумуляторы и 870-1250 кг при условии, что будет создан источник питания с использованием энергии Солнца.

В случае, если будет желательно увеличить высоту перигея, то это, как уже указывалось, возможно за счет уменьшения веса спутника. Так, при весе спутника в 2000 кг по расчету получается максимально возможная, при принятом изделии Р, высота перигея 370 км и высота апогея 700 км ($V_a = 7,78$ км/сек) при условии эквивалентной замены снятого полезного груза топливом, т.е. при увеличении баков последней ступени изделия Р. Путем только уменьшения веса спутника без переделки баков высота перигея может быть повышена только до 310 км; при этом высота апогея будет ~ 400 км.

При весе спутника в 2000 кг, с учетом того, что силовая конструкция может быть сделана легче, вес научной аппаратура будет ~ 320 кг при условии, что источником питания будут аккумуляторы и ~ 500 кг при источнике питания, использующем энергию Солнца.

Спутники с такими орбитами будут обращаться вокруг Земли не менее 10 лет, после чего они все же упадут на Землю, так как сопротивление атмосферы на высоте 300 км, хотя и ничтожное, но существует.

ПОЛЕТ ЧЕЛОВЕКА НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ИЗДЕЛИЯХ «Р»

Работы по освоению человеком полета на изделиях Р могут идти параллельно с работами по подготовке пуска простейшего спутника. Целью этих работ является ознакомление человека с условиями полета на изделиях Р в верхних слоях атмосферы и вне атмосферы, особенно в условиях невесомости.

Эти работы должны проводиться по специальной программе с постепенным усложнением задач каждого полета.

Программа всех этих опытов должна, по нашему мнению, войти составной частью в программу работ Академии Наук СССР по пуску изделий Р. Сначала, возможно, должны следовать вертикальные подъемы человека с целью предварительного знакомства с условиями полета на изделиях Р, потом полеты с выводом изделия на горизонтальный участок с последующим наклонным движением к поверхности Земли и планированием. В этих последних полетах величина скорости на горизонтальном участке должна постепенно повышаться.

При подъеме человека на изделиях Р наиболее существенным является снижение перегрузок до допустимой величины. Это может быть достигнуто путем соответствующего дросселирования двигателя.

При проектировании кабины для человека должен быть использован богатый опыт авиации.

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ СПУСКА ПРИ СКОРОСТИ ВХОДА В АТМОСФЕРУ ПОРЯДКА 8000 м/сек

Эти работы также могут идти параллельно с созданием простейшего спутника. Целью этих работ является разработка необходимых средств спуска на Землю при скорости входа в атмосферу до 8000 м/сек. Без сомнения, разработка этих средств может быть начата с изучения спуска при меньших скоростях, с последующим постепенным повышением их.

Проблема спуска при скорости входа в атмосферу порядка 8000 м/сек, собственно говоря, является проблемой или спуска со спутника или спуска самого спутника на Землю.

Заметим, что проблема такого спуска может быть решена еще до того, как будет создан спутник, коль скоро возможно получить изделие Р со скоростью порядка 7 км/сек. В этом случае программа активного участка должна быть выбрана таким образом, чтобы после окончания работы двигателя высота и угол наклона траектории давали возможность начать сразу спуск, не выходя на эллиптическую орбиту. При спуске на Землю рационально использовать торможение в атмосфере для того, чтобы подойти к Земле с безопасно малой скоростью.

Угол входа в атмосферу, из условий безопасного спуска, считая высоту 80 км практической границей атмосферы, желательно иметь в пределах от 0° до 4° , что, как показывают расчеты, вполне осуществимо.

Для спуска с использованием торможения в атмосфере можно наметить два способа:

- а) баллистический спуск, т.е. спуск без участия подъемных аэродинамических сил;
- б) спуск при помощи крыльев.

При баллистическом спуске аппарат целесообразно выполнять в виде конуса с углом раствора $\sim ()^\circ$, статически устойчивого. Такой конус, при наличии дополнительных тормозных устройств, будет значительно тормозиться в верхних слоях атмосферы. Как показывают ориентировочные расчеты, равновесная температура поверхности конуса может иметь порядок $1000-2000^\circ\text{C}$. Такая температура делает возможным применение защитных тугоплавких покрытий. Также возможно применение наружного охлаждения путем впрыска жидкого охладителя через поры в материале.

После того, как скорость движения станет дозвуковой, спуск производится с помощью парашютов. При баллистическом спуске в значительной степени упрощается управление полетом, что является преимуществом этого метода по сравнению со спуском на крыльях. Однако при баллистическом спуске трудно обеспечить достаточно малые, допустимые для человеческого организма, перегрузки. Приближенные расчеты показывают, что в течение одной минуты на пилота могут действовать перегрузки свыше 5. Максимальные перегрузки могут достигать до 6-10. Путем применения регулируемых тормозных устройств, вероятно, можно будет снизить максимальные перегрузки до 5-6.

Исследование второго способа, т.е. спуска на крыльях, показало, что при нагрузке на крыло $150-200 \text{ кг/м}^2$, при коэффициенте подъемной силы $C_y = 0,05-0,07$ и при полном лобовом сопротивлении аппарата примерно в 5 раз большем, чем сопротивление самолета-истребителя, можно путем целесообразного выбора режима спуска (по C_y) обеспечить осевые перегрузки меньше 3. При этом нормальные перегрузки не превышают 1,5. Ввиду нагрева, при движении с большими скоростями в атмосфере, придется применять специальные меры защиты, хотя, как показывают расчеты, температура поверхности спускаю-

щегося аппарата, получается ниже (800^0 - 1500^0C), чем при спуске без крыльев, т.к. полет совершается по более пологой кривой. Здесь могут быть намечены те же, что и для баллистического спуска, метода защиты, т.е. или применение тугоплавких материалов или наружного охлаждения путем впрыска охладителя через поры в материале и испарения его на поверхности аппарата. Расчеты, проведенные по специально разработанному методу, показали, что необходимые запасы охладителя (воды), составляют всего $0,3$ кг на 1м^2 на 1 минуту полета. По расчету продолжительность действия высоких температур на аппарат порядка 8 мин.

Такие сравнительно легкие условия спуска получились благодаря малым углам входа в атмосферу и, следовательно, продолжительному торможению в верхних слоях атмосферы. Если бы угол входа составлял, например, 20^0 , температура поверхности аппарата получились бы значительно больше.

Выше было отмечено, что разработка методов спуска может быть начата уже при использовании аппаратов, имеющих скорости значительно меньше 8000 м/сек. На начальном этапе работ могут быть использованы, например, изделия Р, имеющие скорости порядка 3000 – 3500 м/сек.

Таким образом, без сомнения, имеются технические возможности для успешного решения одной из самых трудных проблем создания спутника, т.е. проблемы спуска человека с орбиты на Землю.

ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ РАБОТ

1. Экспериментальный спутник с людьми. В результате выполнения первого этапа, о котором мы говорили выше, станет возможным приступить к осуществлению экспериментального спутника с людьми. В настоящее время мы рассматриваем такой спутник как перспективу, и поэтому программа первого этапа, в известной мере, должна строиться с учетом этой работы.

Под экспериментальным спутником понимается спутник, рассчитанный на пребывание 1-2 человек на круговой орбите в продолжение нескольких месяцев. Выход на круговую орбиту должен производиться по методу, указанному выше, т.е. с дожиганием топлива в апогее переходного эллипса. Экспериментальный спутник должен быть снабжен устройствами для безопасного возвращения людей на Землю. Задачами этого спутника являются изучение условий длительного существования людей на нем, экспериментальное решение ряда проблем спутника – станции, научные исследования и т.д.

Не останавливаясь на проблемах, решение которых необходимо для реализации экспериментального спутника, заметим, что значительная часть их будет решена в первом этапе, т.е. при осуществлении простейшего спутника и освоении человеком полетов на изделиях Р, а остальные, как показали предварительные исследования, могут быть решены на базе современной техники. Таким образом, создание экспериментального спутника с людьми возможно на базе изделий Р.

2. Спутник-станция. Задача создания спутника–станции может быть поставлена реально только после осуществления экспериментального спутника с людьми и освоения полетов и жизни на нем, включая подъем, спуск и управление спутником.

Так как в настоящее время не может быть указан рациональный способ подъема изготовленного на Земле спутника–станции на какую-либо орбиту, то остается только метод построения такой станции непосредственно на выбранной орбите. Поэтому важнейшей проблемой становится осуществление встречи малых спутников, типа экспериментального, о котором шла речь выше, между собой в пространстве вне Земли на орбите, выбранной для спутника–станции. Коль скоро эта проблема будет решена, постройка станции становится чисто инженерной проблемой, которую мы в настоящем докладе развивать не будем.

3. Проблема достижения Луны. Кратко остановимся на проблеме достижения Луны в ближайшем будущем. Задачу поставим так: каким должно быть изделие Р, чтобы в конце активного участка была получена скорость 11,2 км/сек, достаточная для достижения орбиты Луны, с условием или падения на нее или облета вокруг нее с возможным возвращением на Землю. В последнем случае посадка на Землю совершается исключительно за счет торможения в атмосфере. Полезный груз примем в 1,5 тн.

Проделанные расчеты показывают, что если подъем такого изделия Р будет совершаться с поверхности Земли, то оно должно быть составным типа «пакет», состоять из трех ступеней и, в случае применения двигателей с удельной тягой в пустоте 310, будет весить ~ 650 тн. Если удельная тяга будет повышена до 400, то вес уменьшается до 250 тн. и изделие может быть двухступенчатым.

Если же подъем изделия Р будет совершаться со спутника–станции, о которой говорилось выше, и на которой изделие Р должно быть собрано и обеспечено топливом, то его вес, при удельной тяге двигателя в 310 будет всего 1,5 тн.

При взлете со спутника–станции изделие Р, предназначенное для посадки на Луну и возвращения на Землю, будет иметь вес порядка 100 тн. (при удельной тяге 310 и том же весе полезного груза). Межпланетные полеты становятся реальными и возможность их осуществления может значительно приблизиться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как уже указывалось, пути реализации первого этапа работ, включающего в себя проблему простейшего спутника, в настоящее время предельно ясны. Таким образом, можно говорить о создании технического проекта простейшего спутника. В случае, если работа в этом направлении будет начата немед-

ленно, создание простейшего спутника может быть осуществлено в ближайшее время.

Что же касается проблемы освоения человеком техники полетов на изделиях Р, которая также должна быть включена в первый этап, то она может проводиться на существующих изделиях Р. Проектные работы могут быть начаты и проведены приблизительно параллельно с работой по осуществлению спутника.

Научное значение простейшего спутника Земли неоспоримо. Целый ряд отраслей науки будет заинтересован в проблеме создания такого спутника.

Физика получит возможность более глубокого изучения природы космического излучения, например: возможность продолжительного экспонирования пластинок с целью изучения наиболее сильных компонент космических лучей, возможность изучения космических лучей в отсутствии атмосферы в зависимости от радиации Солнца; возможность изучения космических лучей за длительное (порядка недель) время, как в тени Земли, так и лучах Солнца.

Кроме того, станет более доступной для исследования коротковолновая радиация Солнца.

Станет возможной постановка ряда опытов по проверке теории относительности.

Физика атмосферы получит большие возможности для изучения строения атмосферы и, особенно, ее верхней части – ионосферы.

Следует отметить, что изучение ионосферы с помощью спутника будет иметь большое значение для радиотехники, например, с точки зрения распространения радиоволн в атмосфере.

Изучение атмосферных явлений с помощью спутника откроет новые возможности перед метеорологией, например, возможность единовременного получения различных данных с больших пространств Земли.

Геофизика сможет более полно изучить энергетический баланс Земли, а также ее гравитационное и магнитное поля.

Большие перспективы откроются перед астрономией благодаря отсутствию атмосферы и связанных с нею помех. Например, станет возможным наблюдение и более полное изучение радиации Солнца, спектров звезд, в особенности их ультрафиолетовых концов, атмосфер планет, излучений мирового пространства и т. д.

Без сомнения, и в других областях науки могут быть указаны проблемы, решение которых будет успешно продвинуто в результате создания спутника.

Необходимо отметить, что в настоящее время невозможно дать сколь угодно полный перечень проблем, которые могут быть решены с помощью спутника, т.к. его создание вводит нас в совершенно новую, неисследованную область. Несомненно, однако, что создание спутника откроет большие перспективы для различных областей науки, и уже первые полеты могут привести к ряду новых открытий.

Научные задачи спутника должны быть конкретизированы Академией Наук СССР в самом ближайшем будущем. Академией Наук должны быть также намечены те научные приборы, которыми следует оборудовать спутник.

Укажем, что искусственный спутник Земли может иметь и оборонное значение, причем последнее будет повышаться с постепенным прогрессом техники построения таких машин и реализацией перспектив, о которых кратко говорилось выше.

Инженер-полковник

(М.К. Тихонравов)

В подготовке материала для данной записки принимали участие: сотрудники НИИ-4 – И.М. Яцунский, Г.Ю. Максимов, И.К. Бажинов, и сотрудники Отделения прикладной математики Математического института АН Д.Е. Охоцимский и Т.М. Энеев.