

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Кулцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
Э. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя),
Н. А. Фигуровский (зам. председателя), А. А. Чеканов,
С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич, А. Л. Яншин (председатель),
М. Г. Ярошевский*

И. Н. Бубнов

**Роберт
ГОДДАРД**

1882 — 1945



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1978

Б 90 Бубнов И. Н. Роберт Годдард (1882—1945).
М.: Наука, 1978, 224 с., ил.

Книга кандидата технических наук И. Н. Бубнова — научная биография известного американского инженера и ученого Роберта Х. Годдарда, который наряду с другими специалистами, вслед за К. Э. Циолковским, начал заниматься теоретическими исследованиями в области космонавтики, а в 1926 г. создал первую в мире ракету на жидком топливе.

В книге рассказывается о жизненном пути Годдарда, его научных поисках, экспериментах с твердотопливными ракетами, разработках и запусках жидкостных ракет.

21.2

Ответственный редактор
В. Н. СОКОЛЬСКИЙ

Введение

Книга эта о выдающемся американском пионере ракетной техники и теоретической космонавтики, создателе первой в мире жидкостной ракеты Роберте Хитчингсе Годдарде. Имя его в истории науки и техники упоминается наряду с именами К. Э. Циолковского, Ф. А. Цандера, Г. Гансвиндта, Р. Эсно-Пельтри, Г. Оберта, Ю. В. Кондратюка, В. Гомана.

Это их усилиями к концу 20-х годов нашего века были созданы основы теории ракетного движения и космического полета, намечены пути освоения человечеством космического пространства.

Общепризнанным основоположником теоретической космонавтики, провозвестником космической эры был наш великий соотечественник Константин Эдуардович Циолковский (1857—1935). Первая его работа в этой области — «Свободное пространство» — была написана в 1883 г. В ней он впервые указал на возможность использования реактивного принципа для полетов в мире без тяжести. В 1896 — 1897 гг. Циолковский впервые вывел формулу движения ракеты, а в 1903 г. опубликовал первую в истории теоретическую работу по космонавтике — «Исследование мировых пространств реактивными приборами», в которой была научно обоснована возможность космических полетов с помощью ракеты на жидком топливе и даны основные формулы ее расчета. Во второй части «Исследования», опубликованной в 1911—1912 гг., Циолковский углубил теорию и расчеты ракеты, дал анализ проблем создания космического корабля и изложил свои взгляды на перспективы и пути космического развития человечества.

Первым последователем Циолковского в России был Фридрих Артурович Цандер (1887—1933). Свои исследования по теории космического полета он начал в 1908 г., причем сразу же охватил большое количество вопросов, связанных с энергетикой, топливом, конструированием и запусками космических ракетных аппаратов. В 1924 г. он опубликовал небольшую статью «Перелеты на другие планеты» и подал патентную заявку на оригинальную конструкцию межпланетного корабля. Вся дальнейшая деятельность Цандера была связана как с теоретическими выкладками и расчетами, так и с проектированием, разработкой и экспериментами. В конце 20-х годов он начал практические работы по ракетным двигателям.

Немецкий изобретатель Герман Гансвиндт (1856—1934) с 1891 г. начал выступать с популярными научными докладами о возможности и перспективах межпланетных полетов и в 1899 г., опубликовал работу «О важнейших проблемах человечества», где дал описание проекта космического реактивного корабля на твердом топливе и выдвинул ряд интересных идей, связанных с его созданием. Герман Гансвиндт не проводил серьезных теоретических исследований, но его технические идеи и соображения о пользе космических полетов были плодотворными.

Известный французский авиаконструктор Робер Эсно-Пельтри (1881 — 1957) в 1912 г. сделал в Физическом обществе в Париже научный доклад с изложением основ теории движения межпланетной ракеты, который был опубликован в 1913 г. под названием «Соображения о результатах неограниченного уменьшения веса моторов». В 1928 г. Эсно-Пельтри опубликовал большую статью «Исследование верхних слоев атмосферы при помощи ракеты и возможность межпланетных путешествий».

Немецкий ученый Герман Оберт (р. 1894) начал теоретические исследования в области ракет в 1909 г., в 1912 г. сделал энергетический анализ жидкостной ракеты, а в 1923 г. опубликовал капитальную монографию «Ракета в космическое пространство», в которой рассмотрел теорию движения ракеты, условия ее функционирования, конструкцию ступенчатой ракеты, проблемы выбора топлива, управления, создания орбитальных станций и многие другие.

Книга Оберта, в отличие от предшествующих ей работ, получила особо широкое распространение и явилась толчком к ракетным исследованиям в Европе. Дальнейшее развитие идеи Оберта получили в расширенной монографии «Пути осуществления космических полетов» (1929). В конце 20-х годов Оберт начал эксперименты с ракетными двигателями на жидком топливе.

Юрий Васильевич Кондратюк (1897—1942) начал свои самостоятельные исследования не позже 1917 г. и результаты их сформулировал в рукописи «Тем, кто будет читать, чтобы строить» в 1918—1919 гг. В 1929 г. Кондратюк опубликовал книгу «Завоевание межпланетных пространств», где им были разработаны многие вопросы теории движения ракеты, конструкции космического корабля и практики межпланетных перелетов. На всех работах Кондратюка лежит печать оригинальности и самобытности.

Немецкий ученый Вальтер Гоман (1880—1943) в 1925 г. опубликовал первую капитальную работу, посвященную вопросам астродинамики — теоретическим выводам и расчетам, связанным с траекторными задачами межпланетных перелетов.

У Годдарда интерес к проблеме космического полета возник еще в юности, в 1899 г. Первые заметки на эту тему он сделал в 1901 г. Систематические исследования начал в 1906 г. Первая теоретическая работа написана в 1907 г. Вывод формулы движения ракеты и первые расчеты выполнены в 1912—1913 гг. Первая капитальная монография «Метод достижения предельных высот» была написана в 1919 г. В ней кроме теории и расчетов впервые в современной литературе были приведены описания и результаты экспериментов по определению эффективности пороховой ракеты. Монография Годдарда была первой такого рода работой, вышедшей на Западе, тем не менее интерес к ней сначала был весьма небольшим. Однако для некоторых ученых она стала импульсом к деятельности в этой области. В дальнейшем Годдард не публиковал результаты своих теоретических исследований, но в разное время представил в Смитсоновский институт 4 доклада, посвященных теории космического полета [22, 26, 29, 30] *.

* Здесь и далее в квадратных скобках указаны номера книг и других публикаций, перечисленных в «Библиографии».

Важнейшей заслугой Годдарда в истории ракетно-космической техники является то, что он, первым начав практические работы по жидкостным ракетным двигателям, 16 марта 1926 г. запустил жидкостную ракету.

По образованию и роду своей основной деятельности (вплоть до 1930 г.) Годдард был физиком-экспериментатором с инженерным уклоном. Как физик он занимался исследованиями в области электромагнитных сил и электрической проводимости. Но Годдард не переставал быть физиком и тогда, когда занимался вопросами теоретической космонавтики, — немало его работ посвящено ускорению заряженных частиц (прообраз электрических реактивных двигателей), расчету газовых струй, балансированию и стабилизации летательных аппаратов. Однако специальной инженерно-технической подготовки по тепловым машинам Годдард не имел, и это не могло не наложить отпечаток на характер и результаты его ракетных экспериментов и разработок.

У Годдарда очень мало научных публикаций по ракетной технике. Кроме монографии 1919 г., он за 45-летнюю творческую жизнь опубликовал лишь одну довольно подробную работу о ракетных исследованиях своей группы (1936) [2], несколько маленьких популярных статей о ракетах и около 15 работ по другим вопросам.

Только после смерти Годдарда, в 1945 г., вышел первый сборник материалов (технические дневники) по его ракетным разработкам за 1929—1941 гг. [4] и лишь в 1970 г. — довольно полный трехтомный сборник документов и материалов о его исследованиях с 1898 по 1945 г. — «Материалы Р. Х. Годдарда» [5]. Из «Материалов» стало видно, какую огромную, напряженную и плодотворную деятельность вел ученый в области ракетной техники и теоретической космонавтики, включая работу над научными статьями, отчетами, докладами. Разумеется, в трехтомник не могли попасть все доклады, сообщения, письма, записки и дневники Годдарда, поскольку наследие его насчитывает много тысяч страниц.

Зарубежная литература о замечательном американском ученом, известная в нашей стране, весьма скудна. Большею частью это краткие биографические очерки или разделы в книгах. До настоящего времени в США вышла (в 1963 г.) только одна специально посвященная Годдарду книга, написанная М. Леманом [101]. Задача американ-

ского биографа Годдарда была, конечно, намного сложнее, чем автора настоящей книги: ведь «Материалы» тогда еще не были опубликованы.

Однако, по общему признанию, содержание научного и технического творчества Годдарда проанализировано в книге Лемана недостаточно, да он, очевидно, и не ставил перед собой такой задачи, а писал просто рассказ о жизни ученого.

В нашей стране работы Годдарда долгое время не имели широкой известности, хотя первое краткое изложение его монографии было опубликовано Н. А. Рыным еще в 1929 г., а сокращенный перевод ее с биографической справкой об ученом напечатан в 1932 г. [105].

В последние годы советские исследователи — историки техники внесли немалый вклад в изучение научного наследия Годдарда. В 1977 г. впервые в нашей стране вышли переводы на русский язык избранных трудов Годдарда [6].

В настоящей научной биографии Годдарда, появившейся в результате длительного изучения доступных материалов, акцент сделан на теоретической и конструкторской деятельности ученого. Намечая структуру книги, автор исходил из того, что научная деятельность Годдарда известна в нашей стране недостаточно и потому интерес к его личности не может быть очень большим.

Поэтому автор решил отойти от общепринятой схемы научных биографий, когда рассказ об ученом строится как его жизнеописание и начинается с детства и юности. Показалось более оправданным начать книгу с изложения важнейшей теоретической работы Годдарда — монографии «Метод достижения предельных высот», а уж затем, заинтересовав читателя творчеством ученого, перейти к его научной биографии. К сожалению, материалы о личности ученого, имеющиеся в нашем распоряжении, весьма бедны.

Более или менее обстоятельный рассказ о работах Годдарда заканчивается в книге 1938 годом. Тем не менее над жидкостными ракетами Годдард трудился вплоть до 1941 г., а в последние годы своей жизни на государственной службе в военно-морском ведомстве занимался созданием

ракетных ускорителей на жидком топливе для самолетов. Однако эти этапы его деятельности представляют несомненно более узкий интерес и потому не рассматриваются в книге.

В целом же вклад Годдарда в развитие ракетной техники и теоретической космонавтики нельзя не признать значительным.

Существенную помощь в работе над этой книгой автору оказали доктор технических наук профессор Е. К. Мошкин, один из ветеранов советской ракетной техники, И. А. Меркулов, и особенно зав. сектором истории авиации и космонавтики ИИЕиТ АН СССР В. Н. Сокольский. Автор выражает им глубокую признательность и благодарность.

«Метод достижения предельных высот»

Основные принципы

В январе 1920 г. в Вашингтоне вышел в свет очередной 2540-й выпуск сборника трудов Смитсоновского института, на обложке которого (рис. 1) стояло: «Метод достижения предельных высот. Роберт Х. Годдард. Колледж Кларка, Вустер, шт. Массачусетс». Отпечатанная в 1750-ти экземплярах брошюра (в типографию она была сдана в мае 1919 г.) представляла собой капитальную монографию, посвященную теории движения и эффективности ракет*.

Обратим внимание на начальный тезис вводного раздела монографии: «Поиски методов подъема регистрирующей аппаратуры за пределы, доступные метеорологическим шарам-зондам (около 20 миль), привели автора к разработке общей теории работы ракеты с учетом сопротивления воздуха и земного притяжения» [6, с. 82]. И чуть далее определяются те задачи, решению которых могут помочь измерения, сделанные в верхних слоях атмосферы.

Теперь откроем другой классический труд и прочтем его первые строки: «Небольшие аэростаты с автоматически наблюдающими приборами, без людей, до сих пор поднимались только до высоты, не большей 20 верст» и несколько дальше: «Вместо них (пушек.— *И. Б.*) или аэростата в качестве исследователя атмосферы предлагаю реактивный прибор, т. е. род ракеты» [160, с. 23, 26].

Этими словами начинается «Исследование мировых пространств реактивными приборами» К. Э. Циолковского

* Монография в полном объеме на русском языке (в переводе автора настоящей книги) впервые опубликована в 1977 г. [6].

го, опубликованное за 17 лет до «Метода достижения предельных высот». Не правда ли, бросается в глаза удивительное сходство отправных положений двух основополагающих работ пионеров теоретической космонавтики? В чем причина такого феномена? Сразу же оговоримся: ни малейших оснований для предположения о заимствовании нет. Может быть, дело в совпадении причин интереса двух авторов к теории ракет? Совпадение причин в общем-то действительно имело место, но они, эти причины, лежат совсем не в области метеорологии, обозначенной в обоих начальных тезисах; они в области межпланетных полетов. У Циолковского это видно уже из названия работы. У Годдарда же это не очевидно, но в дальнейшем будет нами доказано.

Так отчего же такое совпадение? По всей вероятности, оттого, что и Циолковский, и через много лет Годдард избрали одинаковые пути привлечения внимания своих современников (и прежде всего деятелей науки) к необходимости ракетных исследований и разработок. Оба автора решили воспользоваться постоянно растущим интересом к метеорологии. Но если у Циолковского это была лишь легкая маскировка, приманка для читателя, и далее он непосредственно переходит к анализу космических возможностей ракет, то у Годдарда все иначе. Более осторожно и сдержанно. Почти вся его монография посвящена действительно высотным исследовательским ракетам, и только самый последний, небольшой раздел имеет отношение к ракете космической. В резюме книги Годдард также говорит сначала о способности ракет доставлять в верхние слои атмосферы, за пределы досягаемости воздушных шаров, приборы, предназначенные для исследований в области метеорологии и физики Солнца, и лишь в конце осторожно упоминает о теоретической возможности ракеты «избавиться от земного притяжения».

Первая часть труда — «Теория» начинается с логического доказательства возможности повышения «практичности», т. е. эффективности ракеты по сравнению с известными «обычными» ракетами — фейерверочными и сигнальными. У них «та часть ракеты, которая обеспечивает энергию, составляет лишь небольшую долю общей ее массы» и притом лишь «небольшая часть этой энергии превращается в кинетическую энергию отбрасываемой массы» [6, с. 85].

SMITHSONIAN MISCELLANEOUS COLLECTIONS
VOLUME 21, NUMBER 2

A METHOD OF REACHING EXTREME ALTITUDES

(WITH 10 PLATES)

BY

ROBERT H. GODDARD
Clark College, Worcester, Mass.



(PUBLICATION 2540)

CITY OF WASHINGTON
PUBLISHED BY THE SMITHSONIAN INSTITUTION

1919

*Рис. 1. Титульный лист монографии
«Метод достижения предельных высот»*

Возможность создания эффективных ракет лежит, по мнению Годдарда, в применении трех основных принципов, составляющих основу предложенного им «метода» (так ученый в течение многих лет называл предложенную им «эффективную» ракету).

Первый принцип — использование для расширения продуктов сгорания «гладкого сопла соответствующей длины и конусности» * с целью получения «как можно большего количества энергии». Заметим, что принцип этот, вообще говоря, был не нов ни сам по себе (в паровой технике было широко известно сопло Лавала), ни в применении к ракетам (в частности, он был предложен и Циолковским в работе 1903 г.).

Второй принцип — применение «перезаряжающегося устройства, посредством которого большая масса взрывчатого материала используется небольшими порциями в небольшой прочной камере сгорания» с тем, чтобы можно было получить достаточно высокое давление в камере и чтобы «большую часть массы ракеты составило топливо». Последовательная подача зарядов в камеру сгорания предлагалась ранее, как известно, в проекте «воздухоплавательного аппарата» Н. Кибальчича (1881) и в проекте космического корабля Г. Гансвинда (1891).

Третий принцип — составная ракета, у которой «высокое отношение топлива к общей массе поддерживается почти одинаковым во время всего полета». Этот очень важный для ракетной техники принцип известен с середины XVI в. Встречался он и в более поздней литературе, но среди пионеров современной ракетной техники Годдард бесспорно первым обратил внимание на принцип многоступенчатости.

Здесь следует отметить, что в монографии Годдарда речь идет почти исключительно о твердом топливе: «Идеальной субстанцией является, очевидно, бездымный порох» [6, с. 85]. Правда, в примечаниях он упоминает о возможности применения топлива водород + кислород «в жидком или еще лучше в твердом виде», но преимущество его даже без учета трудностей эксплуатации не считает решающим. И это в то время, когда о жидкостной ракете уже писали Циолковский и Эсно-Пельтри.

* Здесь и в дальнейшем под соплом Годдард понимает только его закрытическую часть.

Как видим, исходные предпосылки монографии Годдарда не были новыми. Однако, если учесть глубину и тщательность анализа проблемы эффективности и динамических возможностей ракеты, а также большое количество поставленных и решенных им новых теоретических задач, то монографию следует оценить как значительное явление истории ракетной техники.

Уравнение движения ракеты

Свою главную теоретическую задачу Годдард формулирует так: «...вывести общую теорию полета ракеты, чтобы показать огромную важность КПД для достижения очень больших высот» [6, с. 86]. Ставится задача о вертикальном подъеме ракеты с учетом силы тяжести, а также сопротивления атмосферы (следует отметить, что Циолковский уже в работе 1911 — 1912 гг. дал расчет потерь скорости при движении в атмосфере).

Основываясь на законе сохранения количества движения, Годдард выводит дифференциальное уравнение движения идеальной ракеты — ракеты конической формы (рис. 2) при следующих условиях: скорость отбрасывания рабочего вещества постоянна (эта гипотеза также была ранее высказана Циолковским), оболочка ракеты «расходится», т. е. отбрасывается с нулевой скоростью по мере выгорания запаса топлива *, полезная нагрузка — 1 фунт. Без учета членов второго порядка уравнение имеет вид

$$c(1-k)dm = (M-m)dV + [R + g(M-m)]dt^{**},$$

где M — начальная масса ракеты, m — масса, отброшенная ко времени t , V — скорость ракеты ко времени t ; c — ско-

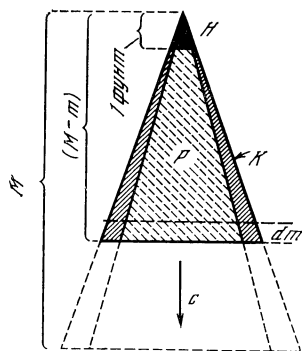


Рис. 2. Схема идеальной ракеты

* Годдард считает, что это условие может быть осуществлено за счет применения «первичной и вторичных ракет», т. е. принципа ступенчатости.

** В монографии упоминается, что аналогичное уравнение может быть выведено также из уравнения сохранения энергии.

рость отброса, т. е. скорость истечения газов, dm — масса, отброшенная за время dt , k — доля оболочки в массе dm (коэффициент пропорциональности), dV — приращение скорости оставшейся массы ракеты, R — сопротивление воздуха, g — ускорение силы тяжести.

Далее принимается, что сопротивление воздуха не зависит от длины ракеты, поскольку идеальная ракета постоянно сохраняет подобную форму, а поверхностным трением можно пренебречь. Площадь миделя конуса уменьшается вместе с его объемом и, следовательно, R , как и g , можно представить в качестве функции скорости V , а последняя в свою очередь, как и время t , является функцией высоты полета H . Таким образом, уравнение движения ракеты в общем виде получило вид:

$$c(1 - k) dm = (M - m) dV + \frac{1}{V(H)} [R(H) + g(H) \times (M - m)] dH,$$

где только одна независимая H и четыре зависимых переменных: m , v , R и g .

Очевидно, рассуждает Годдард, для каждой заданной высоты при заданной конечной массе должна существовать какая-то минимальная начальная масса (или, что то же, минимальная расходуемая масса). Это интуитивное суждение опирается на легко доступное представление о существовании оптимальной программы изменения скорости для получения минимального сопротивления воздуха. При очень большой или очень малой скоростях сопротивление воздуха будет соответственно очень большим в течение малого времени и низким в течение длительного времени. В результате расход массы в обоих случаях будет большим, и следовательно, существует оптимальная скорость для каждой высоты подъема.

Годдард убедился, что уравнение обычными методами не решается и что он имеет дело с вариационной задачей. И Годдард не стал искать ее точного решения, полагая, что методов для этого пока не существует, а сразу же обратился к приближенному решению, хотя и трудоемкому, но, по его мнению, достаточно точному для достижения поставленной цели — доказать широкие возможности ракет в высотных полетах.

Как отмечает профессор А. А. Космодемьянский, задачу Годдарда впервые теоретически исследовал в Герма-

нии в 1927 г. Г. Гамель, а решение ее было получено в 40-х годах советскими механиками Д. Е. Охочимским и А. А. Космодемьянским и в 50-х годах американцами Х. Тзяном, Р. Эвансом, Г. Лейтманом и др. [171, с. 254].

Решение Годдарда сводилось к разбиению высоты полета на некоторое число интервалов, в которых величины R и g , а также ускорение $a = V/t$ можно было бы считать постоянным. Для каждого интервала получалось линейное уравнение первого порядка:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{(M - m)(a + g) + R}{c(1 - k)},$$

которое легко решалось (постоянные интегрирования определяются из условия $m = 0$ при $t = 0$):

$$m = \left(M + \frac{R}{a + g}\right) \left[1 - e^{-\frac{a+g}{c(1-k)}t}\right].$$

Далее он еще упростил уравнение, приняв конечную массу для каждого интервала равной 1 фунту (0,454 кг), чтобы, рассчитав начальные массы для n интервалов, можно было получить «общую начальную массу» как произведение всех начальных масс:

$$M = \frac{R}{a + g} \left[e^{\frac{a+g}{c(1-k)}t} - 1\right] + e^{\frac{a+g}{c(1-k)}t}.$$

Здесь у 2-го члена справа опущен множитель $M_{\text{кон}} = M - m = 1$ фунт. Это уравнение при R и g , равных нулю, если пренебречь потерями, имеет вид:

$$M = e^{\frac{at}{c(1-k)}}$$

(множитель $M_{\text{кон}} = 1$ фунту справа здесь тоже не написан).

Если в этом уравнении перейти к реальной ракете, у которой оболочка не отбрасывается, а остается как часть конечной массы (т. е. $k=0$), то получится уравнение Циолковского: $V = c \cdot \ln M$, где M , по существу, отношение начальной и конечной масс*.

Кстати, полезный груз весом 1 фунт был выбран не только для удобства расчета, но также исходя из практичес-

* Непосредственный вывод формулы Циолковского из 3-го закона Ньютона (а также расчеты по ней) Годдард дал в статье [20], написанной им еще до выхода в свет монографии, в апреле 1919 г.

кой возможности его подъема на высоту. Имея в виду вес научных приборов высотной ракеты, Годдард пишет в примечаниях: «300 г было бы достаточно для многих исследований» [6, с. 152], а в основном тексте замечает, что если приборы будут весить 1 фунт, то вес всего аппарата достигнет 3—4 фунтов. Интересно, что в первом американском проекте космической системы «Авангард» (1955—1959) вес искусственного спутника Земли составлял как раз 3,3 фунта (его удалось вывести на орбиту в феврале 1958 г., и он стал вторым американским ИСЗ).

Из полученного уравнения Годдард делает такой основной вывод: чтобы свести начальную массу к минимуму, необходимо иметь высокий КПД, от которого зависит «эффективная скорость» $c(1 - k)$, стоящая в уравнении под знаком экспоненты. Совершенно очевидно, что здесь Годдард еще далек от углубления в анализ уравнения движения ракеты. Под КПД ракеты он понимает лишь «отношение кинетической энергии отбрасываемых газов к тепловой энергии пороха» [6, с. 82], т. е. КПД цикла (или «внутренний КПД») ракетного двигателя. В этом случае коэффициент k ни при чем. Хотя Годдард интуитивно чувствует его значение как важного параметра весовой отдачи ракеты, имеющего отношение к общей эффективности ракеты. Впрочем, в одном из примечаний к работе упоминается КПД*, связанный с «кинетической энергией самой ракеты», который «конечно меньше КПД, упоминаемого раньше». Полный КПД ракеты должен учитывать также потери, связанные с передачей энергии струи непосредственно ракете («внешний КПД»), а также весовую отдачу ракеты и потери на траектории движения (баллистические потери).

Годдард же пока сводит разговор об эффективности ракеты лишь к значениям скорости истечения и коэффициента k . При этом совершенно недвусмысленно имеется в виду разрабатываемая им в период 1917—1921 гг. и упомянутая во вступлении к монографии («второй принцип») многозарядная пороховая ракета: « k — доля полной массы, приходящаяся на механизм заряжания и воспламенения и магазин» [6, с. 90]. Более того, для доказательства реальности многозарядной ракеты и вполне близкого ее

* В переводе английское слово «efficiency» есть трудность: иногда это совершенно определено КПД, но нередко просто «эффективность». Для удобства мы везде принимаем первое значение.

сходства с идеальной Годдард в приложении дает упрощенный расчет ракеты с последовательными «выстрелами» расходуемой массы.

Расчеты

Для удобства читателя о второй части монографии («Эксперименты») мы расскажем позже, поскольку третья часть, называемая «Расчеты, основанные на теории и экспериментах», в основном посвящена непосредственному решению задачи, поставленной в первой части монографии. Поэтому перейдем сначала к расчетам, сделанным Годдардом.

Основные расчеты были выполнены для одноступенчатых ракет и для скорости истечения, равной 2290 м/с*, что, как мы знаем, значительно выше, чем у жидкостных ракет 30–40-х годов, которые имели скорость истечения не более 2100 м/с. Коэффициент k был принят равным $1/15$, т. е. 6,7%, что даже в наше время имеют только самые лучшие ракеты. Таким образом, «эффективная скорость» составила 2140 м/с. Как видим, основной вариант расчетов был сделан для весьма совершенной ракеты. Понимая это, Годдард в примечании делает оговорку, что выбранные исходные параметры существенно завышены против реально доступных и являются «по крайней мере предельно возможными».

Итак, высота, достигаемая ракетой, была разбита на несколько интервалов с постоянными значениями силы тяжести, плотности атмосферы и скорости полета (основной принцип выбора интервалов — малое изменение плотности). Сопротивление воздуха рассчитывалось с помощью известных тогда экспериментальных данных для хорошо обтекаемых тел. Данные эти, как выяснилось позже, оказались весьма далекими от реальности. Площадь поперечного сечения ракеты должна была бы, по мнению автора, браться по формуле геометрического подобия — пропорциональной текущей массе ракеты в степени $2/3$, но для простоты расчетов была принята постоянной и равной 1 кв. дюйм.

* Здесь и во многих случаях далее — цифры, в отличие от принятых Годдардом, не круглые, так как получаются переводом из английской системы мер.

Весьма трудоемкий расчет был сделан по высоте 2840 км, разбитой на 9 интервалов (величины их соответственно: 1,5, 3,0, 3,6, 6,1, 12,2, 12,2, 22,8, 91,5, 1050 или 2690 км). Для каждого интервала подбиралась оптимальная конечная скорость, при которой отношение начальной массы, полученной с учетом R и g , к начальной массе без учета этих факторов было минимальным. Таким образом выполнялось условие минимальных потерь скорости на каждом интервале.

С первыми шестью интервалами все получилось довольно просто — оптимальные скорости отыскивались очень легко и ускорения были вполне умеренными (одновременно определялось и время подъема): 1-й интервал — скорость 305 м/с, ускорение* — 3,1 g; 2-й — 365 и 0,68 g; 3-й — 425 и 0,80 g; 4-й — 490 и 0,47 g; 5-й — 550 и 0,26 g; 6-й — 610 и 0,30 g. Но далее оптимум никак не отыскивался — очень низкая плотность воздуха вполне допускала весьма высокие ускорения, что было явно «непрактично». Поэтому было принято решение ограничить ускорение. И для трех оставшихся интервалов расчеты были сделаны исходя из двух условных значений ускорения — 1,6 и 4,7 g.

Значения «общих начальных масс», потребных для достижения высот, обозначенных верхними пределами интервалов (мы получили их, перемножив табличные значения и скорректировав их для конечной массы 1 кг), оказались следующими (первая цифра — высота в километрах; вторая — масса в килограммах): 1) 1,5 и 1,25; 2) 4,5 и 1,55; 3) 7,6 и 1,90; 4) 13,7 и 2,45; 5) 25,9 и 3,15; 6) 38,1 км и 3,65; 7) 61 (ускорение 1,6 g) и 5,15; 8) 150 (ускорение 1,6 g) и 9,85 и т. д.

Разумеется, эти высоты — не предельные при подъеме ракеты, на них лишь заканчивается расходование всего запаса топлива. Максимальные же высоты подъема, по расчетам Годдарда, составили бы для 6—8-го интервалов соответственно — 56, 115 и 375 км. Чтобы получить стартовые веса ракет для указанных значений высот, необходимо к полученным массам ракеты прибавить массу полезной нагрузки 1 кг.

Почему мы так подробно говорим о результатах расчетов? Да потому, что согласно представлениям тех лет ракеты вообще не могли подняться выше нескольких де-

* Для удобства мы перевели значения ускорений к общепринятому сейчас виду.

сятков или сотен метров. И эти скромные цифры нам представляются очень яркими на фоне укоренившихся тогда представлений.

Годдард сделал расчеты также для ракеты, стартующей не с Земли, а с возвышенности (4,6 км), считая подобный способ эффективным средством уменьшения потребного запаса топлива для достижения тех же высот при тех же конечных весах. Интересно, что высотный старт ракеты (в примечании Годдард предлагает увеличить исходную высоту небольших ракет с помощью аэростатов) был весьма популярен вплоть до середины 30-х годов.

Были сделаны расчеты и для меньших значений скорости истечения: при том же k — для 1145 и 314 м/с и при $k = 3/4$ * для 314 м/с. Последний вариант возник после экспериментов со стандартной сигнальной ракетой «костон шип», у которой оказалась столь низкая скорость истечения. Веса ракет получились в несколько раз больше. Тем более, что оптимальные скорости в интервалах не определялись, а брались из самого первого расчета. Те же варианты были просчитаны для высотного старта, который для ракет с невысокой эффективностью давал еще более заметные, чем раньше, преимущества.

В итоге Годдард получил несколько очень обнадеживающих результатов. Так, для лучшей ракеты («эффективная скорость» — 2140 м/с) максимальная высота подъема 702 км потребовала бы 12,3 кг начального веса на 1 кг полезного груза. Но в отношении «обычных» ракет вывод был весьма решителен — они «непрактичны».

Ступенчатые и «космические» ракеты

И, наконец, Годдард сделал еще один расчет (впервые в мировой литературе) — ступенчатой ракеты. При этом им было принято, что каждая ступень состоит из связки по несколько ракет типа «костон шип» с «эффективной скоростью» всего 78,5 м/с. Расчет этот имел, пожалуй, лишь теоретическое значение, поскольку начальная масса уже для высоты 4,6 км составила 4200 кг.

В примечании Годдард рассматривал две другие гипотетические схемы ступенчатых ракет: большое количество мало отличающихся друг от друга ступеней (случай, как

* В оригинале у Годдарда ошибочно дано значение 4/5.

отмечает Годдард, близкий к идеальной ракете, так как после отброса конструкции ступени общая масса изменяется незначительно) и малое количество больших, резко отличающихся друг от друга ступеней (при отбрасывании пустых конструкций ступеней вес изменяется существенно). Годдард отмечает практические преимущества второй схемы с точки зрения как конструктивной простоты, так и выигрыша в относительном запасе топлива. При этом намечается одно любопытное требование к многоступенчатой ракете — малое отличие в диаметре ступеней («длинные и узкие ступени»), что дает преимущество при преодолении сопротивления воздуха. Одновременно обращается внимание на то, что связки и ступени ракет не дают выигрыша в весе, а позволяют добиться больших скоростей и, следовательно, высот полета.

В том же примечании Годдард дал упрощенную методику расчета количества ступеней для заданной начальной массы. Приняв «отношение массы металла к массе топлива» $1/18$, Годдард получил 6 и 10 ступеней для общего отношения масс соответственно 40 и 600. Практически же, замечает Годдард, количество ступеней будет меньше.

Надо отдать должное ученому — здесь он предвосхитил как оценку значения, так и некоторые практические вопросы, связанные с будущими ступенчатыми ракетами. В настоящее время, действительно, космические ракеты-носители имеют не более 4—5 ступеней, а чаще всего 2—3.

Проделав все расчеты, которые были на взгляд Годдарда необходимы для доказательства возможности создания высотных исследовательских ракет, он переходит к другой задаче, которую осторожно называет «расчетом минимальной массы, требуемой для поднятия 1 фунта на „бесконечно большую“ высоту». Совершенно очевидно, что здесь речь идет о космических возможностях ракет. Сначала по той же методике был сделан расчет для конечной скорости в 9-м интервале, равной 11,2 км/с («параболической»). При этом до 8-го интервала включительно ($H = 150$ км) были оставлены все прежние данные, а для 9-го интервала параболическая скорость была взята на высоте 1200 км (при ускорении 4,7 g) или 2840 км (при ускорении 1, 6 g).

Достижение такой скорости практически реально, утверждает Годдард, доказав (в приложении), что сопротивление воздуха на высотах более 150 км пренебрежимо ма-

ло, и нет причин, которые могли бы помешать развить скорость 11,2 км/с. «Общая начальная масса» для эффективной ракеты при ускорении 4,7 g составила 602 кг на 1 кг веса полезного груза (при старте с высоты 4,6 км — 438 кг) [6, с. 140].

Получив эти результаты, с одной стороны, как будто бы вполне реальные, а с другой — все-таки весьма значительные, но не слишком эффектные, чтобы доказать реальность космического полета, Годдард в примечании говорит о более эффективном топливе, состоящем из водорода и кислорода. При скорости истечения 3625 м/с оно дает общую начальную массу при старте с высоты 4,6 км (используется и это «облегчающее» условие, чтобы результат был максимально благоприятным) лишь 43,5 кг на 1 кг полезного груза. Эту цифру Годдард позже будет не раз приводить, чтобы доказать возможность межпланетных перелетов.

Тут же, однако, возникает вопрос, можно ли на практике доказать, что «космическая» скорость достигнута, ведь ракета улетит на огромную высоту и наблюдать ее будет невозможно. Возникает идея, весьма «красивая», но за публикацию которой Годдард, наверное, не раз осуждал себя впоследствии — «послать минимально возможную массу осветительного пороха к затемненной поверхности Луны в период новолуния с таким расчетом, чтобы порох воспламенился в момент столкновения... свет можно было бы наблюдать в мощный телескоп...» [6, с. 140].

Чтобы определить вид и минимальную массу пороха, которую нужно послать на Луну, Годдард даже провел специальные эксперименты по сжиганию различных составов в стеклянных вакуумных трубках, наблюдая вспышки с расстояния около 4 км. В результате был сделан вывод, что в телескоп с апертурой 30 см можно с Земли наблюдать вспышку на поверхности Луны 1,2 кг осветительного пороха (не более 6,3 кг «для отличной видимости»). Приняв конечную массу ракеты в 4 раза большей, Годдард на основе предыдущих расчетов получил начальные веса ракет для двух вариантов наблюдения — 2,9 и 15,1 т* [6, с. 142].

В приложении Годдард дает оценку вероятности столкновения с метеоритами ракеты, движущейся к Луне. Веро-

* Годдард справедливо полагал, что для достижения Луны потребные массы ненамного меньше, чем для достижения «бесконечности».

ятность эта, по его подсчетам, составляет лишь $1,23 \cdot 10^{-8}$, т. е. «практически, конечно, ничтожна» [6, с. 149]. Деталь немаловажная, поскольку даже совсем в недавние времена, скажем в начале 70-х годов, некоторые специалисты высказывали опасения по поводу вероятности повреждения межпланетных аппаратов встречными метеоритами. Во времена же Годдарда эта опасность считалась едва ли не решающим доводом против космических полетов. «На всякий случай» Годдард все же предлагает вполне оригинальный метод спасения от столкновения с метеорами при межпланетном перелете — войти в их поток и двигаться вместе с ними. Разумеется, скорость ракеты должна быть при этом намного выше 2-й космической.

Специальный раздел третьей части работы посвящен проблеме спасения ракет и научных приборов при возвращении с больших высот на Землю. Для этой цели предлагается использовать либо парашют, либо двигатель ракеты. В первом случае Годдард рассматривает два варианта: несколько больших парашютов для торможения в верхних, разреженных слоях атмосферы с автоматической отцепкой части куполов в плотных слоях или маленький парашют для торможения с последующим выведением большого посадочного купола. Кроме того, Годдард дает расчет торможения ракеты при ее падении в разреженной атмосфере, с тем чтобы показать возможность получения такой скорости, которая позволит использовать парашют, а также убедить в безопасности этого торможения для ракеты в тепловом отношении. Рассматривая торможение с помощью двигателя, Годдард указывает, что оно может иметь преимущества перед парашютом лишь при достаточно эффективном двигателе.

Как видим, Годдард весьма точно предвидел будущие схемы возвращения не только высотных, но и космических аппаратов.

Любопытно отметить, что Годдарду тогда не пришла в голову идея отделять головку с приборами от ракеты после прохождения, как мы сейчас говорим, активного участка. И это вполне понятно — ракета представлялась слишком дорогостоящим устройством, чтобы рассчитывать лишь на однократное ее использование. Затраты на один полет, по мнению Годдарда, были бы незначительны (лишь на «свежие магазины зарядов»), ведь речь-то идет о многозарядной и, следовательно, многозарядовой твердотоплив-

ной ракете. В начале 40-х годов, когда жидкостная ракета стала оружием, о многократном ее использовании думать уже вообще не было смысла. В наше время вес ступеней ракет-носителей и геофизических ракет возрос настолько, что спасать их при возвращении на Землю после выработки горючего оказывается невыгодным — слишком тяжелы были бы тормозные системы.

Отметим еще два интересных момента из третьей части. Годдард считает немаловажным постоянное слежение за ракетой при ее движении по траектории с использованием для облегчения визуального наблюдения дымовых шапек или вымпелов. И еще: Годдард думает об организации системы ракетной метеорологии — постоянных пусках ракет на высоты 8—10 км для многократных ежедневных замеров вертикальных градиентов давления, температуры и скорости ветра. Ученый указывает на преимущества ракет для предсказания погоды, поскольку по сравнению с шарми-зондами у них короткое время подъема и спуска, а значит их легче обнаруживать по возвращении.

Эксперименты в атмосфере

Вторая часть «Метода» — описание первого в XX в. экспериментального исследования эффективности твердо-топливных ракет. Задачи были поставлены следующие: убедиться в неэффективности обычных ракет и определить возможность повышения КПД ракеты за счет специальной конструкции.

Первое, что было сделано Годдардом, это определены скорости истечения и КПД цикла у ракет двух типов (оба с зарядами черного пороха): «обычной», весом 120 г при весе заряда 23 г (теплотворная способность 545 ккал/кг) и спасательной корабельной «костон шип», весящей 640 г при заряде 130 г (530 ккал/кг). Последняя имела, как определил Годдард, дальность полета около 600 м.

Скорости истечения подсчитывались через отдачу ракеты, определяемую с помощью массивного (весом 70,6 кг) качающегося маятника с полупериодом колебаний 4,4 с, близким к продолжительности горения зарядов. Для меньшей ракеты скорость истечения оказалась равной 292, для большей — 314 м/с. Теплотворные способности топлив были определены в Вустерской химической лаборатории. Подсчи-

танные КПД оказались в диапазоне от 1,5 до 2,6%, т. е. в среднем около 2%. В примечании говорится, что «внешний КПД» должен быть значительно меньше — 0,4—0,5%.

Было понятно, что низкий КПД связан с низким качеством пороха и далеко не полным его сгоранием, малыми давлением в камере и степенью расширения газов. Поэтому было решено провести эксперименты со специально сконструированной камерой сгорания из стали, способной выдерживать очень высокое давление. Какое? К сожалению, в монографии об этом не сказано, но вполне возможно, что давление достигало десятков или даже сотен атмосфер.

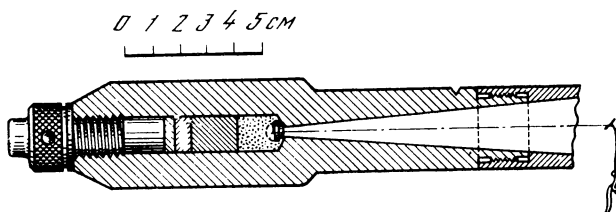


Рис. 3. Схема экспериментальной камеры сгорания (1915)

Камера (рис. 3) имела очень толстые стенки — около 12 мм при внутреннем диаметре 12,8 мм и была снабжена гладким коническим соплом с углом расширения 8° . Диаметры горловины и выходного сечения в монографии не называются. Первый из них, по нашим оценкам, около 3,7 мм. Были испытаны камеры нескольких вариантов с различной длиной внутренней полости и, соответственно, различным весом заряда, а также с двумя удлинителями сопла разной длины. Кроме того, испытывались камеры из прочной никелевой (ствольной) стали. Применялись два вида бездымного пороха — «дюпон» и «инфоллибл» с теплотворной способностью 973 и 1240 ккал/кг соответственно. Масса заряда составляла от 0,8 до 1,5 г. Воспламенение пороха осуществлялось электрическим способом с помощью плавкой проволоки, причем ток подводился со стороны сопла, через пробку в горловине.

Расчетные скорости истечения составили от 1600 до 2150 м/с при КПД цикла от 30 до 45%. Лучшие значения были получены для камеры из никелевой стали с порохом «инфоллибл» и соплом средней длины.

Такие высокие скорости истечения — в 7 раз выше, чем у «обычной» ракеты,— могут быть объяснены, по-видимому, очень высокими, как уже говорилось, давлениями в камере при высокой степени расширения сопла. Эти скорости дали Годдарду уверенность в реальности создания высокоэффективных высотных ракет, что и нашло отражение в третьей части монографии.

Сфотографировав выхлопную струю газов в темном помещении, Годдард неожиданно обнаружил, что яркая часть ее как бы оторвана от сопла. Он объяснил это тем, что вблизи сопла у струи скорость столь высока, что ее нельзя зафиксировать фотокамерой. На самом же деле это вполне могло быть результатом догорания продуктов расширения в воздухе. Другой неожиданностью был мощный шум при работе камеры, что совершенно справедливо объяснено передачей энергии струи окружающему воздуху.

Особый интерес представлял эксперимент с другой камерой — большего размера, выполненной из прочной стали. Внутренний диаметр составлял 25,4 мм (1 дюйм), диаметр горла — в 2 раза больше прежнего, длина сопла 16,3 см при угле конусности 8°. Заряд пороха составил 8—9 г. С этой камерой Годдард не рискнул экспериментировать в лаборатории и соорудил испытательную установку на открытом воздухе. Камера располагалась вертикально, вниз соплом, и крепилась к грузу, способному под действием реакции перемещаться вверх.

Как и ожидалось, скорости истечения и КПД были получены значительно выше, чем для малой камеры, соответственно: от 2290 до 2435 м/с и от 57 до 64,5%.

В результате экспериментов Годдард сделал вывод, что большая камера более эффективна, но требует повышенной прочности корпуса (в одном из экспериментов он слегка раздулся) или снижения рабочего давления в камере за счет применения менее плотного пороха.

Совершенно очевидно, что большие скорости истечения объясняются не увеличением камеры, а увеличением поверхности горения на единицу площади горла и, следовательно, результатом более высокого давления в камере (возможно также, что следствием большей степени расширения сопла). К сожалению, в подтверждение этого нельзя привести расчеты, так как геометрия сопел, о чем уже говорилось, в монографии не приводится.

Вакуумные испытания

Большая доля второй части монографии посвящена описанию эксперимента, выполненного для определения тяги ракетного двигателя в вакууме. У специалистов ракетной техники до сих пор вызывает удивление, зачем Годдарду понадобился этот сложнейший, едва ли не уникальный по своей тонкости, эксперимент, результат которого совершенно однозначно превосходил расчетом, не говоря уже о весьма невысокой при всех ухищрениях точности. Эсно-Пельтри, например, в своем докладе 1912 г. решительно отвергал необходимость такого рода доказательств. Да и сам Годдард в 1921 г. нашел куда более простой способ доказательства действия реакции в вакууме, поместив под небольшой стеклянный колпак револьвер, совершающий холостой выстрел в вакууме и демонстрирующий при этом отдачу. И все же до некоторой степени Годдарда понять можно: и во времена создания «Метода», и значительно позже в научных кругах неоднократно возникали «компетентные» суждения о том, что ракета в разреженных слоях атмосферы не полетит — ей, мол, не от чего будет отталкиваться. И то сказать — 3-й закон Ньютона, из которого выводится уравнение движения ракеты, всегда был не так прост для понимания, каким он кажется на первый взгляд.

Годдард так объясняет задачу этого эксперимента: «Нужно определить, в какой степени они (полученные скорости истечения.— *И. Б.*) представляют собой действительные силы реакции против воздуха в сопле или непосредственно за ним» [6, с. 101]. Вот ведь, объясняет ученый, если динамит взорвать на железной плите, то она прогнетса вниз не только от непосредственной реакции, но и от реакции воздуха против движущихся вверх частиц динамита. Так и с ракетой — скорости истечения замерялись в воздухе, и наверняка часть реакции газов связана с отталкиванием от этого воздуха. Следовательно, задача состоит в том, чтобы в эксперименте исключить это отталкивание.

Мы не будем здесь пересказывать описание установок, приспособлений и датчиков, созданных Годдардом, а также методики расчета. Хотя, как нам кажется, они во многих отношениях весьма любопытны.

Эксперименты проводились с теми же порохами и камерами (меньших размеров), которые крепились к специальной подвижной системе. Скорость истечения подсчитывалась по перемещениям системы двумя способами — при «прямом подъеме» и при простых гармонических колебаниях на пружине. Во втором случае результаты получались более точными, так как легче исключалось влияние трения. При «прямом подъеме» результаты неплохо согласовывались с данными, полученными с пружинной, если перемещение камеры было небольшим.

Важнейшей задачей эксперимента было исключение отдачи газов, поскольку опыт мог быть проведен только с вакуумными емкостями конечных размеров, а объем выделяющихся газов при атмосферном давлении составлял, по подсчетам, 1—2 л. Для этой цели в экспериментах использовались два различных способа: «метод дезинтеграции», при котором выхлопная струя дробилась на мелкие части, с тем чтобы энергия их постепенно переходила в тепло, и «метод трения», при котором поток, двигаясь в одном направлении, постепенно замедлялся в результате трения.

В первом способе использовалась цилиндрическая емкость диаметром 30 см и длиной 1,8 м, к которой крепилась длинная 3-дюймовая труба, а в нее вставлялась система с камерой. Вся емкость имела длину 3,2 м. Отдача струи устранялась за счет расширения в нижней части емкости, а также в расположенном в ней специальном тормозном устройстве. При втором способе в качестве емкости применялась длинная 3-дюймовая стальная труба с большой петлей. Система с камерой крепилась в верхней части трубы, и истекающие газы, попав в кольцевую часть, тормозились.

При том и другом способах разрежение от 7,5 до 0,5 мм рт. ст. создавалось с помощью масляных роторных вакуумнасосов. Как выяснилось, цилиндрический резервуар дал более высокие результаты (причем даже при отсутствии тормоза), чем кольцевой, хотя согласование результатов оказалось неплохим.

Понимая, что полностью исключить отдачу не удастся, Годдард с целью повышения точности экспериментов создал устройства для измерения силы отдачи (с датчиком из папирозной бумаги) и импульсометры для измерения величины импульса, создаваемого отраженными газами.

Только пружинный импульсометр в отличие от импульсометра «прямого подъема» и бумажного детектора дал надежные результаты, хотя показал незначительность влияния отдачи на результат — не более 0,8% общего импульса.

Полученные скорости истечения составили от 1600 до 2400 м/с, вычисленные значения КПД цикла — от 33 до 56%.

Итак, в ходе экспериментов было выяснено, что скорости истечения в вакууме по сравнению со скоростями, полученными при испытаниях в атмосфере, при прочих равных параметрах увеличиваются. С порохом «инфоллибл» и соплом средней длины увеличение скорости доходило до 22% (прекрасное совпадение с практически принятыми сейчас значениями!). Интересно, однако, объяснение причин этого результата: «В вакууме условия воспламенения отличаются от таковых в воздухе, хотя это может быть также следствием того, что воздух в сопле нарушает линии тока газа, вызывая тем самым отклонения от строгой направленности струи» [6, с. 118]. И это при условии, что в эксперименте замерялась не непосредственно скорость истечения, а по сути дела тяга двигателя, которая, как известно из теории, существенно зависит от степени расширения сопла.

Впрочем, Годдард весьма близок к пониманию этого фактора. Поэтому-то он в экспериментах и варьирует длину сопла. В результате выявились совершенно определенные преимущества сопла средней длины. Однако вывод о причинах этого явления, как и предыдущий, оказывается неточным: в длинном сопле газу «не удается расшириться настолько, чтобы заполнить поперечное сечение сопла... возникает нарушение непрерывности потока» [6, с. 118].

В то же время вполне справедливо отмечено, что в коротком сопле газ не успевает расшириться полностью. Не совсем понятно, почему в своих экспериментах Годдард был так «привязан» к соплу с конусностью 8°, взятой, по видимому, вполне произвольно и не подвергнутой никакому анализу. В последующей практике, как мы увидим позже, Годдард вообще не уделял внимания расчету сопла, и это заметно сказалось на эффективности созданных им ракетных двигателей. Тем не менее в выводах по экспериментам одна из рекомендаций поражает: для повышения КПД предлагается сопло сделать сначала коническим

(с тем же углом 8°), а затем криволинейным с уменьшением угла конусности. По сути дела это было указанием на необходимость специального профилирования сопла, что и делается в современной ракетной технике.

Еще один вывод Годдарда можно объяснить некоторыми его заблуждениями. Убедившись, что полученное разрежение от 0,5 до 7,5 мм рт. ст. почти не сказывается на результате, он заключает, что «скорости практически одинаковы для давлений от атмосферного до нулевого, если не считать уже упомянутого небольшого увеличения скорости при уменьшении давления» [6, с. 116]. В большинстве экспериментов увеличение скорости истечения было незначительным, намного меньше максимального результата (22%). Трудно сказать, чем это было вызвано — неточностью ли замеров, нестабильностью ли условий или факторами, которые вообще не учитывались, но так или иначе Годдард пришел к неоправданному отрицанию влияния на эффективную скорость истечения давления на выходе сопла.

Другие выводы по экспериментальной части работы также весьма интересны и знаменательны. Так, отмечая высокие значения КПД ракетной камеры как теплового двигателя, Годдард сравнивает их с показателями других тепловых машин — двигателя Дизеля («общий КПД» — 40%) и паровой машины (21%) и делает вывод о преимуществах ракетного двигателя перед двигателями других типов, включая газовую турбину. Разумеется, Годдард был здесь не прав: если взять полный КПД также и для ракеты, то он, как уже отмечалось, будет значительно ниже — для одноступенчатых ракет не более 20% (КПД цикла реальных ракет обычно не выше 55%), в то время как у лучших автомобилей с двигателями внутреннего сгорания КПД около 30%. Намного убедительнее звучит другой вывод — о достоинствах высоких скоростей истечения, полученных в экспериментах (самых высоких, «достигнутых до сих пор каким-либо веществом, имеющимся в значительном количестве»), в 7—8 раз выше, чем у сигнальных ракет, что, согласно формулам, выведенным в первой части монографии, позволяло во много раз снизить начальную массу ракеты для поднятия той же полезной нагрузки на ту же высоту.

Годдард здесь оговаривается, что у практической ракеты масса стальной камеры на единицу массы топливного

заряда должна быть значительно меньше. Но «пока» задача реализации этого условия не ставилась, поскольку массивная камера была удобнее для баллистических экспериментов. Предусмотренное на будущее снижение веса уже испытанной камеры (за счет снятия снаружи некоторого избытка металла) должно было бы, согласно подсчетам, дать 120 г на 1 г порохового заряда. В примечании говорится, что для одного из типов реальной многозарядной ракеты это соотношение без специальных мер по облегчению камеры было получено равным 22 и что вес камеры можно еще уменьшить, применив «составную конструкцию» (имелась в виду многослойность металла, применявшаяся в артиллерийских стволах).

В заключение второй части — опять вывод, на первый взгляд несколько неожиданный: «В целом вопрос об отношении массы пороха к массе камеры является, несомненно, сравнительно маловажным...» [6, с. 120]. Читаем, однако, дальше и выясняем, что речь здесь идет об одном заряде многозарядной ракеты, которая «в быстрой последовательности» производит «большое количество выстрелов, эквивалентное массе пороха, намного превосходящей массу камеры». И следовательно, в целом «большая часть массы ракеты окажется состоящей из топлива».

Обратимся теперь к заключительной части монографии, к ее выводам. В них вновь, но кратко говорится о ценности высотных физических исследований, о целесообразности использования для них ракеты, о важности повышения скорости истечения, о результатах определения КПД обычных ракет и специальных камер с твердым топливом, о положительных результатах вакуумных экспериментов, о преимуществах больших камер, о необходимости для получения приемлемых начальных масс высотной ракеты иметь достаточно большие значения «эффективной скорости», о возможности спасения ракеты при возвращении ее на землю с помощью парашютов и, наконец, о возможности достижения 2-й космической скорости при вполне реальных условиях. В резюме говорится о необходимости проведения еще ряда экспериментов, после которых можно будет сконструировать высотную ракету.

Итак, в первые дни января 1920 г. монография «Метод достижения предельных высот» увидела свет. Нельзя сказать, что судьба этой книги оказалась намного счастливее первых работ Циолковского. Научное и ведомственное мне-

ние в Соединенных Штатах, как раньше в России, не оказалось достаточно подготовленным к восприятию новых идей. Пресса же и широкая публика Америки уловила в монографии Годдарда только одну «ценную» идею — о возможности достижения ракетой Луны. Никому не было дела до истинных достоинств первого в США труда по ракетной технике, в котором к тому же были так умело объединены теоретические выкладки, расчеты и анализ экспериментальных данных. Сегодня мы назвали бы это примером системного подхода к новой проблеме. И в этом еще одно важное достоинство ставшего классическим труда Годдарда.

Глава вторая

От школьных сочинений к монографии

Детство и юность

Проследим теперь путь, по которому ученый шел к своей монографии, ставшей главной вершиной в его научно-теоретической деятельности. Путь этот занял без малого полтора десятка лет. Вот его основные этапы: первые наброски и расчеты — 1906—1909 гг., вывод уравнения движения ракеты и его решение — 1912—1913 гг., первый вариант теоретической и расчетной частей монографии и первые ракетные патенты — 1913—1914 гг., эксперименты с ракетными камерами — 1915—1916 гг., подготовка текста монографии и отсылка работы в Смитсоновский институт — 1916 г., подготовка окончательного варианта рукописи к печати — 1919 г.

Прежде чем рассмотреть эти этапы подробнее, ознакомимся с некоторыми основными фактами биографии Годдарда.

Роберт Хитчингс Годдард родился 5 октября 1882 г. в небольшом городе Вустере (шт. Массачусетс), расположенном в 55 км и от столицы штата Бостона и от побережья Атлантического океана. Впоследствии Годдард надолго свяжет свою жизнь с родным городом (в то время — не более 60 тыс. жителей, в 1940 г. — около 200 тыс.), весьма развитом в промышленном и культурном отношениях. Детство и школьные годы Роберта прошли в Бостоне, столице Новой Англии, одном из крупнейших центров экономики и культуры США, буквально начиненном промышленными предприятиями, научными институтами и лабораториями, учебными заведениями и библиотеками.

Отец Роберта, Наум Д. Годдард, выросший в небогатой семье отставного военного, был сначала мелким служащим, а женившись на Фанни-Луизе Хойт, дочери своего хозя-

ина, владельца небольшой промышленной фирмы, вскоре получил эту фирму по наследству и постепенно стал преуспевающим бизнесменом. Однако фактической хозяйкой в доме Годдардов была бабка, мать отца. Она и воспитывала Роберта, привив ему разнообразные интересы, включая занятия музыкой и живописью.

В автобиографии, написанной в 1927 г. [7], Годдард в шутку отмечает, что первый интерес ко «всяким механическим вещам» обнаружился у него в необычайно раннем возрасте, а в 4—5 лет в нем «проснулся экспериментатор». Первым предметом «исследований» явились электрические разряды, получающиеся в результате трения предметов о домашний ковер. Так или иначе, но в 12 лет у него действительно проявилась буквально страсть к изобретательству. Первой его оригинальной конструкцией был инкубатор для выращивания... лягушек, который, хотя и не удался ему полностью, был «вполне научно обоснованной системой».

В 15 лет Годдард решил построить небольшой аэростат, но не из шелка или резины, которые, как он считал, пропускают газ, а из алюминиевого листа — баллон неизменяемой формы. Собственно, предметом исследования был не аэростат, а новый тогда металл алюминий. В домашних условиях он получил из алюминиевого слитка лист толщиной 0,3 мм, из которого затем и сделал герметичный объем в форме подушки. Удалось даже наполнить его водородом, но баллон не взлетел.

В дневниковой записи за 17 июня 1898 г. (в тот год Годдард начал вести регулярно дневник и делал это всю жизнь) читаем: «Запускал огневые и обычные хлопушки. Вечером — ракеты, романские свечи, красные огни и пр.» [5, р. 51]. 4 июля (День независимости США) Годдард уже «запускал ракеты целый день», причем ракеты, изготовленные им самим.

Отметим, таким образом, 1898 г. — первое увлечение Годдарда ракетами, пока, правда, лишь фейерверочными. Увлечение это, как и многие другие, тогда быстро прошло.

Вот другие предметы его самостоятельных занятий в последние школьные годы в Бостоне: физиология глаза и уха (одно время он даже хотел стать медиком), луки и стрелы с различными наконечниками и оперением, получение искусственных алмазов (эксперименты закончились взрывом гремучего газа).

Окончив в 1898 г. среднюю школу, Годдард поступил в Бостонскую высшую английскую школу, где проучился только 1 год. Летом 1899 г. родители Годдарда вернулись в Вустер, где только что открылась Южная высшая школа с физикой в качестве основного предмета. (В бостонской школе главным предметом была математика, точнее алгебра, в которой Годдард, по его признанию, никогда не чувствовал себя сильным.) Почему его влекла физика?

Сделаем небольшое отступление. Еще зимой 1898 г. Годдард увлекся чтением «космических» романов Г. Уэллса и американских интерпретаторов и подражателей писателя. В результате, как можно понять из некоторых реплик самого Годдарда, его интересы стали все больше склоняться в сторону проблемы межпланетных полетов.

В автобиографии и ряде других записей Годдард точно датирует начало своих «космических» интересов — 19 октября 1899 г. Правда, в его дневнике за этот день имеется лишь очень скромная, ничего не говорящая запись о том, что он «вечером подрезал ветки у большого вишневого дерева», расположенного в саду за домом. Но уже через несколько лет Годдард стал называть эту дату «днем годовщины», ясно осознав, что в тот день, сидя на вишне, ощутил в себе мечту о полете к Марсу, почувствовал определенность своей жизненной цели. Это ощущение далеко не сразу выразилось в целенаправленности интересов Годдарда. Но уже вскоре его заинтересовала проблема поиска средств разгона аппаратов до межпланетных скоростей. Как и многих других пионеров космонавтики, Годдарда не миновали здесь ошибки и заблуждения. Так, он пытался спроектировать аппарат, который поднимался бы за счет инерциальных сил, возникающих при движении грузов, находящихся на аппарате, по дуговым направляющим. Любопытно, что точно такая же идея — использовать для разгона космического корабля центробежные силы — пришла в голову и молодому Циолковскому, причем тоже в 16 лет. Впрочем, идея эта оказалась весьма живучей — нет, нет да и обнаружит она себя и сейчас.

Но если Циолковский, с большим волнением обдумав эту идею, пришел к выводу о ее порочности, то Годдард со свойственным ему стремлением все проверять экспериментально соорудил модель такого аппарата. Модель и убедила его в неосуществимости принципа и в том, что «что-то все-таки есть, наверное, в законах Ньютона»

[5, р. 10]. Как это ни странно, проучившись год в высшей школе, Годдард еще ничего не знал об этих законах. Впервые, как он сам говорил, столкнуться с законами Ньютона ему пришлось при чтении популярной литературы в том же 1899 г. И снова в нем заговорил дух экспериментатора. Тут же было спроектировано устройство для доказательства справедливости... 3-го закона Ньютона. Ньютон был реабилитирован, а Годдард понял, что о космосе нечего и думать, не овладев физикой.

Вот почему он решил продолжить образование в Вустерской высшей школе. Однако начать учиться там ему удалось только в 1901 г. Почти 2 года юный Годдард, страдая болезнью почек, не мог продолжить систематическое образование. Но время старался не терять — много читал, пользуясь местной библиотекой, и конечно, продолжал изобретать и экспериментировать.

В «Материалах» приводится любопытное письмо Годдарду из нью-йоркской патентной конторы «Манн и К^о» от 7 марта 1901 г. — очевидно, ответ на его обращение за консультацией. Поскольку ни это обращение, ни описание проекта «бросающего устройства» (Projecting Apparatus) в архивах Годдарда не найдено, нам остается только констатировать, что это было первым намерением Годдарда получить патент на свое изобретение, очевидно на летательный аппарат. Интересно, что в письме утверждается, что аппарат мог бы быть запатентован и дело лишь за платой в 75 долларов при авансе в 25 долларов.

В те же мартовские дни 1901 г. Годдард обращается с письмом в Гарвардский университет к профессору Е. Пикерингу с изложением идеи устройства для фотографирования светящихся объектов в различных участках светового спектра. Тут же, кстати, высказывается пожелание о продолжении образования в Гарварде.

Надо сказать, что для этого периода жизни Годдарда был очень характерен поиск — не только интересных проблем, но и вообще себя, своего места в науке. Не лишнего здорового честолюбия молодого человека очень интересовало: что же волнует современную науку? И потому он рассылал немало писем, обращений, предложений в институты и журналы.

К этому же периоду относятся первые попытки публикации научных статей и эссе. Основная тема их — межпланетные полеты, т. е. космонавтика, поэтому речь о них

будет дальше, в пятой главе. Здесь же отметим, что интересы Годдарда в эти годы по-прежнему весьма разнообразны. Так, любопытство к принципу полета и «руления» птиц привело его к изучению проблемы стабилизации самолета. Заметим, что интерес этот у Годдарда появился за 2½ года до первого полета братьев Райт, а также то, что этой проблемой занимался и Циолковский. В последние годы учебы в высшей школе Годдард увлекся еще и радиотехникой, астрономией, а также некоторыми чисто физическими проблемами, например интерференцией света и звука и искусственной радиоактивностью.

«Зеленые записные книжки»

Поскольку нас интересует все, что помогает выяснить происхождение «Метода», отметим, что в небольшой статье «Перемещение * в космосе», написанной в декабре 1901 г. [9] и отклоненной журналом «Попьюлар сайнз», Годдард упоминает о популярной тогда идее использовать для полета в космос отдачу, возникающую при выстреле пушки вертикально вниз. При этом он высказывает убежденность, что масса заряда должна быть для этого слишком велика по отношению к весу «пушки», которая должна отправиться в космос. (Имелось в виду, кстати, целое «гнездо» таких пушек.)

Нам кажется, что эту статью можно считать первым шагом на пути ко «второму принципу», и, следовательно, ко всему тому, что потом стало «Методом».

Через полтора года было опубликовано «Исследование мировых пространств...» Циолковского, зародившееся в 1896—1897 гг., которое начиналось с подробного анализа сходной «артиллерийско-космической» задачи. Еще одно удивительное совпадение в направленности мышления.

В июле 1903 г. Годдард снова занимается пусками небольших осветительных ракет и пытается даже приспособить их для движения змея.

Высшая школа в Вустере (учеба в которой, по-видимому, впервые доставила Годдарду истинную радость) была закончена в 1904 г. В том же году он поступает в

* Слово «Navigation» можно перевести и как «перемещение», и как «навигация», «плавание».

Вустерский политехнический институт — небольшой, примерно на 700 студентов, колледж с хорошими лабораториями и библиотекой.

Учась на инженерном факультете под руководством профессора У. Даффа, Годдард увлекся исследованием в области заряженных частиц — электронов и ионов. С точки зрения их получения и разгона это была «чистая» физика, но с точки зрения создания реактивной силы — речь шла, несомненно, о двигателе для межпланетных аппаратов. Проблема энергетического обеспечения такого рода двигательной установки привела Годдарда к другим задачам — об использовании внутриатомной или солнечной энергии для нагрева ионизируемого вещества или путем преобразования ее в электричество, например с помощью турбогенераторов. И еще одной физической задачей занимается Годдард в институте — изучением природы электрической проводимости.

В результате упомянутого интереса к проблеме стабилизации и управления самолетом появилась большая научная статья, которую в июне 1907 г. Годдарду удалось опубликовать (это была вообще его первая публикация) в журнале «Сайнтифик америкен сапшлемент»: «Использование гироскопа для стабилизации и управления аэропланами» [63]. За эту статью Годдард получил свой первый гонорар — 10 долларов. Статья была перепечатана в журнале Вустерского политехнического института.

Несколько особняком стоит еще одна чисто инженерная проблема, которая увлекла Годдарда в институте, — проблема скоростного наземного транспорта. Еще на первом курсе он написал сочинение на тему «Путешествие в 1950-х годах», в котором размышлял о возможных пределах скоростей передвижения и высказал идеи вакуумного трубопровода и магнитной подушки. В январе 1906 г. Годдард написал любопытное сочинение на ту же тему под названием «Высокоскоростное пари» [10]. В 1909 г. ему удалось даже напечатать небольшую статью в журнале «Сайнтифик америкен» под названием «Пределы скорости передвижения» [66], а в ноябре 1914 г. — статью о скоростном транспорте в журнале института [71]. Интерес к трубопроводным транспортным системам, который имеется и в наше время, Годдард пронес через всю свою жизнь. Уже после его смерти, в 1949 и 1950 гг., на его имя были выданы два патента по этой теме.

В конце 1905 г., как вспоминает Годдард, он решил подвести итоги своей научно-изобретательской деятельности. В наличии был «комплект моделей, которые не были способны работать, и комплект идей, относительно которых я знал, уже достаточно изучив физику, что они несуществимы» [5, р. 11]. Годдард собрал все записи, которые смог найти, и сжег их в печке. Увы, это не помогло — новые идеи продолжали беспокоить его, и пришлось вновь начинать записи. В конце концов, рассудил Годдард, если осуществление какой-нибудь идеи на практике невозможно, всегда есть в ней что-то, над чем можно размышлять.

Смирившись с этой мыслью, он купил несколько толстых тетрадей с пронумерованными страницами, в обложках, покрытых зеленой материей, и с нового, 1906 г. начал систематически записывать в них свои мысли и соображения по интересующим его проблемам. Эта работа послужила хорошей базой сначала для подготовки к дипломной работе, а затем и к серьезным исследованиям.

Так появились ставшие потом знаменитыми «зеленые записные книжки» (рис. 4).

Первая тетрадь велась в период с 4 января 1906 г. по 31 октября 1907 г. и имела заголовок «Перемещение в межпланетном пространстве». Тетрадь № 2 (с 31 октября 1907 г. по 19 мая 1908 г.) имела то же название. Тетрадь № 3 (с 5 июня по 16 декабря 1908 г.) имела на форзаце такие надписи: «Предпринять поиски пути детального изучения физических характеристик ближайших планет» и «Быть начеку: если видишь одну идею, посмотри — нет ли в ней еще чего-нибудь». Тетрадь № 4 (с декабря 1908 г. до июля 1912 г.) с надписью: «Определить, в какой мере можно исследовать космос иными методами, кроме телескопа». Тетрадь № 5 (с июля по октябрь 1912 г., а также отдельные записи 1913—1915 гг.) называлась: «Разработка средств проведения исследований на больших высотах».

Смысл фразы, фигурирующей в третьей тетради, становится понятным, когда смотришь, как одна за другой появлялись у Годдарда идеи, развивающие предыдущие. Годдарда можно уподобить хорошему грибнику в лесу — подобрав один гриб, он тут же отыскивает еще несколько.

В целом записные книжки демонстрируют разнообразие научных интересов студента Годдарда (как отмечено

ь его автобиографии, этому способствовал профессор Дафф). Все они, однако, находятся вблизи немногих основных проблем, в той или иной степени пересекающихся: физика заряженных частиц, физика проводников, искусственная радиоактивность, авиация. Большое количество записей посвящено средствам создания тяги в межпланетном пространстве — ракетной, отбросом заряженных частиц за счет смещения проводников в магнитном поле Земли, с помощью солнечной энергии.

Большой интерес представляют мысли, связанные с исследованием и использованием Луны и планет. Особое место занимают записи о гироскопических системах стабилизации летательных аппаратов. Подводя еще в декабре 1909 г. некоторые итоги исследованиям (с февраля 1905 г. по февраль 1908 г. он записывал свои идеи еще в одну тетрадь, названную им «Журнал»), Годдард насчитал 26 разработанных им вопросов.


Все же следует сказать, что в «зеленые книжки» попали в основном довольно-таки эскизные, отчасти сырые идеи, причем некоторые из них в последующих записях отбрасывались или существенно пересматривались. В результате при просмотре «книжек» создается впечатление постоянного спора автора с самим собой.

Сам Годдард не предполагал публиковать эти записи. И в «Материалы» из них вошли только некоторые места. Тем не менее, для читателя, знающего конечный результат работ Годдарда, даже перечень идей, попавших в книжки, представляет немалый интерес.




С чего же все-таки начался «Метод»? Где находятся его истоки? Очевидно, там, где Годдард впервые говорит об использовании ракет для высотных полетов.




В январе 1918 г. в одной из статей (она разделила судьбу многих других его работ — так и не была опубликована) Годдард писал, что «общая идея замысла о подъеме аппарата без использования воздуха пришла к нему 19 октября 1899 г.», а «идея применить ракету для этой цели — 24 января 1909 г.» [5, р. 95]. Что касается первой даты, то, как мы знаем, в этот день Годдард впервые подумал о проблеме межпланетного полета. В отношении второй воспользуемся «зелеными книжками». В перечне записей в «зеленых книжках», сделанном Годдардом в 1929 г., под этой датой стоит совсем другая идея: «Использование составных ракет». То же говорится и в автобиографии.

Suggestions of ways of
using the jet - solar energy process


1. Jet. (a)  Have liquid fuel lead into an impulse combustion chamber, i.e., (of course it would have to be forced in) using H_2O or gasoline + NaO_2 .


(b) The same, except the pressure is developed (allowed to) all through the chamber. (Necessitate stronger walls.)

(c) An effluent, e.g. ammonia powder, taken as the, or arranged so as to be, slow burning, (solid)   (Test this with  tubular pointed towards the sun; i.e. type - the shell being painted black.

(Also try with  shell, or lead, with springs (could be  shell, or charge, etc. - in ).

(d) Remember, the night time must be set off when the pressure has fallen.

"  has the gut the rest smaller shall fit into it.

" (e)  has set of crane gears right up to ten, when all has been lowered (the spring, & pressure has fallen)

(f) Of course means must be had to prevent dangerous explosion if a million per cent.

Have " 1170, a wall 2 1/2", and the best, & right at hole !! another of the spring.

" Have such a rupture in it that




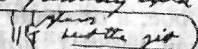
 and a thing will not explode, but  &  (I dare not to start from there)

Рис. 4. Страницы 112 и 113 из «Зеленой записной книжки» № 4 с записью 8 мая 1910 г. о получении тяги с помощью ракетного двигателя и солнечной энергии

2. Application of solar energy.


1. Heat the jet
2. Electrify the jet
3. Heat the mass
4. Electricity


5. Perhaps have the extra mass as H₂O; & introduce these into the steam boiler (turbine) as previously described, thus previously extra heat.

(1, may be illustrated as - 


(In the case of 2 & 4, the boiler (with flow) tubes & generator would be used.

The reflectors had best be arranged as follows.


 and each its sun of, by a reflect, smaller mirror. This arrangement is to economize in the heavy supports necessary if the mirror is all in one piece.

Support (in the case of one, each shell might have its own mirror 

354.

Have mirror electrically heated, after being exploded, at the focus of a paraboloid, the surface of which is charged 

Однако вызывает сомнение, что изучение проблемы началось именно со ступенчатых ракет. Поэтому попробуем углубиться в идеи «книжек».

В июне 1907 г. встречаем такую запись: «Использование водорода и кислорода, обеспечивающих непрерывное горение в ракете, поднятой воздушными шарами» [6, с. 231]. Запись позволяет предположить, что «Метод» зародился не в январе 1909 г., а по крайней мере на полтора года раньше. И что интересно, сначала возникла мысль об использовании не пороховых, а жидкостных (или, возможно, газовых) ракет. Почему? Потому, что предлагалось кислородно-водородное топливо и «непрерывное горение», которое, в отличие от принципа многозарядной твердотопливной ракеты, может быть получено только с жидким или газообразным топливом. В 1914 г. Годдард так и назовет принцип жидкостной ракеты — принцип непрерывного горения. Кстати, сам ученый в автобиографии говорит, что ракета на жидком топливе впервые предложена им 9 июня 1909 г. В записи под этой датой действительно стоят размышления об использовании водорода, кислорода и других жидких компонентов химического топлива, включая, например, четырехокись азота и этан. По-видимому, при этом идея жидкостной ракеты сформировалась окончательно.

Кстати, в июне 1907 г. (а также в ноябре) была записана еще одна идея, которая нашла развитие в монографии: высотный, с помощью аэростатов, старт ракеты. Отметим еще, что упомянутая в «Метод» идея защиты лунной ракеты от метеоров путем погружения ее в метеорный поток при движении с близкими скоростями была записана еще раньше — до 5 января 1906 г. Наконец, в августе 1907 г. Годдард получил «кривую скорости, соответствующую минимуму сопротивления воздуха при прохождении через атмосферу. Кривая эта указывает на необходимость низкой скорости движения в плотных слоях атмосферы и постоянного ускорения за ее пределами». Это истоки расчетов ускорений и оптимальных скоростей движения по интервалам высот, приведенных в третьей части монографии.

Итак, начало работы над «Методом» можно смело отнести к 1906—1907 гг. Когда же Годдард приступил к выводу уравнения движения ракеты и расчетам?

Первые расчеты

Теперь обратим внимание на сочинение по английскому языку «О возможности перемещения в межпланетном пространстве», написанное Годдардом в институте в октябре 1907 г. «...Существенное рассуждение касается самого движения тел. Вывод о его реальности мы можем сделать, применив к этой задаче закон Ньютона о действии и противодействии и закон сохранения энергии» [6, с. 27]. Итак, ключ к уравнению движения найден. Далее: «Давайте подсчитаем количество энергии, необходимой для поднятия массы весом 1 фунт на высоту 2000 миль при том, чтобы израсходовалось минимальное количество энергии». Вот и постановка задачи, которую мы видим в третьей части монографии. Только здесь «количество потребной энергии» подсчитывается просто из потенциальной энергии тела на заданной высоте. В результате для конечной скорости 6,5 км/с получается потребная энергия, которую Годдард тут же переводит в необходимое количество пороха типа кордит* — 135,7 кг на 1 кг полезного груза.

Вот где у Годдарда впервые «возникает» пороховое топливо! Пока лишь для демонстрации «практичности» идеи. Тем более что далее ученый, говоря о возможном источнике энергии, переходит к рассмотрению энергии атома (к этому вопросу мы еще вернемся).

Далее, Годдард оговаривается, что практически нельзя мгновенно развить такую большую скорость, как 6,5 км/с, так как перегрузка «разрушила бы все, чему может быть нанесено повреждение» и «сопротивление воздуха вызвало бы большую потерю энергии». В то же время, рассуждает ученый, нельзя и слишком увеличивать время подъема ракеты из-за больших потерь в поле тяжести Земли, а при медленном подъеме нужна еще энергия для поднятия самого взрывчатого вещества. Таким образом, задача оптимизации (этого модного нынче слова Годдард, разумеется, не использует) скорости формируется окончательно из условия получения минимального начального веса.

Теперь Годдард подходит к выводу уравнения движения ракеты: «количество движения... 1 фунта массы плюс

* Кордит — бездымный порох с теплотворной способностью около 1270 ккал/кг.

взрывчатое вещество... равняется количеству движения отбрасываемых продуктов...» [6, с. 29]. Подходит, но еще не пришел.

Итак, в 1907 г. 25-летний Годдард, не получивший тогда еще и степени бакалавра, был в одном шаге от уравнения движения ракеты. Но совершил этот шаг он лишь через 5 лет (а еще в 1897 г. это сделал Циолковский).

В апреле 1908 г. Годдард делает, по-видимому, первые наброски расчетов к будущему «Методу». Дневниковая запись на эту тему озаглавлена так: «Большая масса взрывчатого вещества для поднятия 1 фунта конечной массы на большие высоты с медленным движением в атмосфере» [5, р. 13]. Одновременно, как сказано в записной книжке, изучается ракета, «практически целиком состоящая из ракетного топлива» [5, р. 695].

Прежде чем вернуться вновь к записи 1909 г., обратим внимание еще на две даты в «зеленых книжках». Первая — 26 декабря 1908 г.: «Посылка взрывчатого вещества, излучающего специфическим цветом, на темную сторону „новой“ Луны». Значит, и эта идея, так ярко прозвучавшая в «Метод», родилась не просто как расчетная задача, а в ходе размышлений Годдарда по различным аспектам космических полетов.

Вторая — 9 февраля 1909 г.: «О первых экспериментах по измерению КПД ракеты в Вустерском политехническом институте». В тот же день в дневнике отмечено, что проводились эксперименты с быстро горящими веществами. Это говорит о том, что первые ракетные эксперименты были проведены Годдардом еще до написания теоретической части работы, одновременно с первыми расчетами.

Какими расчетами? Дело в том, что, несмотря на запись от 24 января 1909 г. об «использовании составных ракет», на самом деле в этот день были начаты расчеты «медленного движения с помощью взрывчатых веществ» [12].

Читаем постановку задачи: «Теоретически возможно получить движение, если сжигать взрывчатое или быстро горящее вещество в трубах таким образом, чтобы вся их энергия превратилась бы в кинетическую энергию отбрасываемых частиц и движущегося тела» [6, с. 33].

Годдард еще не получил экспоненциальной зависимости конечной скорости ракеты от скорости истечения и потому тут же допускает ошибку, посчитав, что «если отбрасывается 2 фунта взрывчатого вещества, скажем, со скоростью

2000 фут/с, а 1 фунт остается, то он должен получить скорость 2000 фут/с». Результат этот получается «очень просто» — из равенства энергий отброшенного и оставшегося вещества, но при одном «хитром» условии: скорость отброса в конце концов замедляется до нуля и, следовательно, в среднем она — в 2 раза меньше. Все, разумеется, было бы верным, если бы отброс массы, как и увеличение скорости, происходил мгновенно. Принимая такое условие, Годдард тем не менее делает справедливый вывод, что за счет отброса последовательных порций массы, каждый раз составляя конечную массу в $\frac{1}{3}$ отброшенной, можно получить сколь угодно высокую скорость (конечная масса будет при этом, очевидно, стремиться к нулю).

Далее, сделав замечательное предположение, что «скорость истечения зависит от энергии взрывчатого вещества, приходящейся на фунт веса», и вновь упомянув, что «элементы, из которых состоит H_2O , дают наибольшее количество тепла» [6, с. 33], Годдард делает подсчеты. При этом теплотворная способность водородно-кислородного топлива принята 780 кал/г, т. е. в 4—5 раз меньше фактической. Впрочем, для существа анализа пока это не принципиально. Ведь результаты оказались вполне реалистичными. Конечная скорость (и скорость истечения) получилась у Годдарда около 1800 м/с. Для достижения конечной скорости, равной 11,2 км/с, т. е. 2-й космической (вот происхождение расчета ракеты для полета в «бесконечность» в «Метод»!), требуемое отношение масс оказалось равным 729: при конечной массе 100 кг * начальная масса — около 73 т. По формуле Циолковского при тех же скоростях (конечной и истечения) получается 46 т.

Годдард не забывает, что полное использование энергии отбрасываемой массы требует «КПД», равного 100%, чего «добиться будет трудно», и потому делает прикидочные расчеты потребных масс при «КПД» 75 и 50%. Мы поставили здесь КПД в кавычки, потому что Годдард весьма условно принимает его как отношение реальной скорости движения (и истечения) к максимально возможной. В «Метод» он пользуется уже по существу КПД цикла двигателя.

* В расчетах Годдарда — 200 фунтов. Для удобства читателя мы провели перерасчеты, которые неожиданно усложнились в результате неточной (в ряде случаев) записи Годдардом размерностей.

В тот же день, 24 января 1909 г., Годдард делает оценку сопротивления воздуха при подъеме ракеты через атмосферу («воздушный шар не сможет поднять аппарат намного выше, чем 15 миль»). При этом высказывается соображение, что скорость аппарата в атмосфере не следует иметь более 30 м/с, и что сопротивление воздуха будет достаточно велико «вначале из-за большой массы, а потом из-за высокой скорости» [6, с. 34].

На следующий день Годдард, продолжая запись, пытается усовершенствовать методику своих расчетов, приняв во внимание, что пороху (да, мы не оговорились, это слово неожиданно появляется в тексте, впрочем, здесь ни разу и не говорится, что водород и кислород предполагаются жидкими), кроме импульса отброса, сообщается импульс вперед с «половиной скоростью». Таким образом, весь тепловой заряд пороха расходуется так: 1 фунт (оставшейся массы) вперед со скоростью v , 2 фунта (порох) вперед со скоростью $v/2$ и 2 фунта (тот же порох) назад со скоростью v . При этом Годдард вдруг ошибается в формуле и скорость истечения получается у него около 1400 вместо 1900 м/с, как должно быть. В результате начальная масса, необходимая для сообщения грузу 100 кг 2-й космической скорости при «КПД» 100%, по Годдарду, получается примерно 660 т, хотя должно быть лишь 73 т (а по формуле Циолковского 33 т). Более того, Годдард здесь заявляет, что «КПД» в лучшем случае будет только 75%, поэтому с учетом сопротивления воздуха и силы тяжести соотношение масс будет даже не 6600, а почти в 10 раз больше — 60 000. Но и этот результат как будто не повергает Годдарда в уныние, хотя он с сожалением отмечает, что «все это может оказаться более громоздким и неуклюжим, чем выстреливание с Земли снаряда» [6, с. 35].

Еще одна фраза в записи 25 января привлекает наше внимание: «Попробуйте, чтобы трубы, закрытые на одном конце... дали бы истечение быстро горящего пороха. Найдите место, где нужно натянуть пружину, чтобы установить равновесие, и отметьте время горения и сгоревшую массу. Потом... подсчитайте скорость» [6, с. 35]. И кроме того, в тетради — набросок пером от руки: коромысло с пружиной, ракета и груз. Очевидно, здесь возникла идея будущих экспериментов по замеру скорости истечения.

И здесь же снова фраза, окрашенная скептицизмом:

«Вероятно... КПД окажется столь низким, что этот метод нельзя будет использовать». Одним словом, Годдард все-таки сомневался. И, по всей вероятности, до проведения основных экспериментов, т. е. до 1915 г., полной уверенности в «практичности» ракет для высотных и космических полетов у него не было.

Буквально через неделю, 2 февраля 1909 г., Годдард делает новый подсчет («перерасчет»). На этот раз он существенно меняет один из основных параметров. Тепло-творная способность кислородно-водородного топлива принимается им равной 3830 кал/г, т. е. почти в 5 раз больше, чем ранее. Это было, конечно, значительно ближе к истине. Прикидываем: в первом расчете это дало бы, по Годдарду, скорость 4650 м/с и отношение масс около 14, а по Циолковскому при той же скорости — 11. Но теперь Годдард применяет новую схему распределения энергии и тем самым устраняет главную ошибку в расчете. В результате скорость истечения получается у него 4360 м/с (по нашим подсчетам должна быть 4290 м/с) и отношение масс при «КПД» 100% — около 16 (по Циолковскому — 13), а при 50% — 45.

Здесь же Годдард приводит результаты расчетов для других видов топлива, уже определенно твердых, — нитроглицерина (отношение масс при «КПД» 100% — 45) и оружейного пороха (отношение — 243), приняв теплотворную способность их соответственно 500 и 750 кал/г. Тем не менее после некоторых рассуждений Годдард отдает предпочтение газообразным (!) водороду и кислороду, сжатым в маленьких баках. Газы эти должны подаваться «не слишком резко в маленькие взрывательные камеры», причем КПД может быть 40 и 50%. О жидких топливах, повторим еще раз, в этих, январско-февральских записях 1909 г. речи не было совсем.

Между записями 25 января и 2 февраля имеется еще одна — от 31 января, которая нашла развитие в «Метод». Хотя здесь раздел не имеет названия, можно считать, по-видимому, что к этой записи относится уже известный нам заголовок в перечне под датой 24 января — «Использование составных ракет». Эскизный набросок трех- или четырехступенчатой ракеты (рис. 5), сделанный пером, сопровождается такими словами: «Можно сделать приспособление вроде следующего. Каждое отверстие А должно быть меньше другого, пропорционально размерам цилиндра.

В нужный момент, когда порох почти сгорел, цилиндр открепляется и сбрасывается вниз — и так один за другим» [6, с. 35]. Это, по-видимому, впервые высказанная ученым XX в. идея ступенчатой ракеты. В «Метод» она стала «третьим принципом» на основе которого, как утверждал Годдард, можно повисить КПД ракеты. Ранее мы уже говорили, что вместо понятия КПД можно применять слово «эффективность». В этом смысле Годдард совершенно прав, поскольку весовая отдача у ступенчатой ракеты ниже, а конечная скорость при том же весе выше. Полный

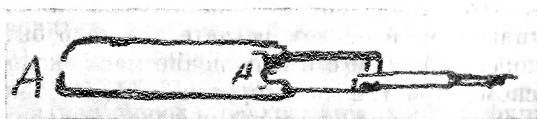


Рис. 5. Эскиз многоступенчатой ракеты (1909)

КПД у ступенчатой ракеты может быть хуже. Кстати, в примечаниях к «Методу» Годдард связывает принцип ступенчатости со схемой идеальной ракеты, у которой поперечное сечение должно уменьшаться пропорционально массе. Итак, нужно отдать должное Годдарду — размышляя в общем-то о космических ракетах, он впервые пришел к необходимости использования принципа ступенчатости*. Напомним дату этой записи — 31 января 1909 г.

В «зеленых книжках» после этого появилось еще несколько записей, посвященных теории ракеты. О двух из них — за 9 и 11 июня 1909 г. — мы уже упоминали (там впервые речь шла о жидких топливах). Следующая запись от 8 мая 1910 г. тоже посвящена жидкостной ракете. Здесь же впервые у Годдарда упоминается коническое сопло и приводится его рисунок, т. е. возникает «первый принцип» «Метода». И наконец, одна из последних записей в той же книжке: «3 августа 1910 г. Общая теория ракеты, включающей использование водорода и кислорода». К сожалению, в нашем распоряжении нет этой записи, но все предварительные материалы говорят за то, что этой датой отмечено начало работы по выводу уравнения движения ракеты.

* Годдард запатентовал эту идею в 1914 г., однако на 3 года раньше это сделал бельгийский инженер А. Бинг [168, с. 130].

Университет

Тем временем, в июне 1908 г., 25-летний Годдард закончил Вустерский политехнический институт, получил степень бакалавра и вместе с дипломом — первую премию в 75 долларов. Еще учась в институте, он нередко посещал лекции по физике в Кларковском университете. Однажды ему довелось даже услышать лекцию самого основателя учения о радиоактивности 36-летнего Э. Резерфорда, который через год стал Нобелевским лауреатом. К этому времени Годдард уже немало времени отдавал изучению природы внутриатомной энергии, и вполне возможно, что Резерфорд в значительной степени повлиял на окончательный выбор Годдардом своей профессии. Решив стать физиком, он 3 года посещал университет. Причем в первый год одновременно работал преподавателем в институте. С Кларковским университетом, еще более чем с родным Вустером, Годдард надолго связал свою судьбу — начиная с 1914 и до 1943 г. состоял в нем на службе, сначала преподавателем, потом профессором, а с 1923 г. директором физической лаборатории.

Кларковский университет был основан в 1887 г. на средства местного филантропа. В период, когда в нем учился Годдард, университет собственно и предназначался для продолжения образования молодыми бакалаврами, показавшими неплохие способности в институте. Для подготовки магистерских и докторских диссертаций их принимали в университет без экзаменов. В университете с очень небольшим количеством студентов (в то время около 100 человек), обладавшем к тому же прекрасным преподавательским составом и оборудованием физических лабораторий, была очень свободная, демократичная обстановка. Например, молодые студенты и почтенные профессора могли заниматься по общим учебным планам. Кстати, уже в 20-е годы Кларковский университет вошел в список ста ведущих вузов США.

В университете Годдард учился у таких ученых, как А. Майкельсон (лауреат Нобелевской премии 1907 г.), А. Уэбстер (позже — директор физической лаборатории университета), Р. Вуд, В. Вольтерра и др. В 1910 г. Годдард защитил работу на степень магистра искусств на тему «Теория дифракции».

Успехи Годдарда в экспериментальной физике были столь велики, что профессор Дафф посоветовал ему поехать за границу, сначала в Кембридж, чтобы стажироваться у Дж. Томсона, а затем в Германию для занятий теоретической физикой. Но Годдард решил остановиться на предложении Уэбстера и остался еще на год аспирантом университета.

В июне 1911 г. он защитил (с отличной оценкой) докторскую диссертацию на тему «Электрическая проводимость при контакте разнородных твердых тел» (предмет был в непосредственной близости к практической радиотехнике, вернее к созданию кристаллических детекторов взамен устаревших «когереров»). На какое-то время у Годдарда возникла проблема — где работать? Поехал даже в Нью-Йорк, устраиваться в Колумбийский университет. Однако в конце концов его оставили еще на 1 год стипендиатом университета для продолжения экспериментальных исследований.

Чем занимался в университете Годдард-физик, это видно хотя бы из названия диссертации. Отдавая отчет в том, что работа Годдарда как физика была достаточно серьезной и успешной, можно все же смело утверждать, что не эта работа привела его как ученого к самым главным своим достижениям. Однако к этому времени, что теперь совершенно очевидно, основной интерес Годдарда сконцентрировался на проблеме реактивной — ракетной и электрической тяги.

Несколько лет спустя, примерно через год после выхода «Метода», в небольшой автобиографии, написанной для «Бюллетеня изобретателей» [8], Годдард вынужден был даже оправдываться (теперь нам это кажется несколько забавным): мол занимался и занимается он не только ракетами. Настолько они, ракетные исследования, были тогда малопопулярны. На самом же деле уже с начала 1916 г. он почти прекратил активные занятия физикой.

Но вернемся в 1911 год. И заметим, что как раз в том году Циолковский начал публиковать в популярном петербургском «Вестнике воздухоплавания» вторую часть (с кратким изложением первой) «Исследования мировых пространств». Работа, в которой была дана не только теория движения ракеты, но и развернутая программа освоения человечеством космического пространства, получила весьма благоприятные отзывы в русской прессе.



*Рис. 6. Роберт Годдард —
выпускник Вустерского политехнического института (1908)*

Будучи стипендиатом университета, Годдард занимался экспериментальным изучением электрических свойств изоляторов и кристаллических детекторов, а также методов получения пучков электрически заряженных частиц (по результатам этого исследования к апрелю 1913 г. он подготовил свою первую заявку на патент *) и измерения механических сил, возникающих при отклонении проводника в магнитном поле.

По этим темам Годдард дважды — в декабре 1911 г. и в апреле 1912 г. — делает сообщения на конференциях Американского физического общества (оба доклада напечатаны в «Физикэл ревью» за 1912 г. [67; 68] и как полноправный член входит в семью американских физиков. Заметим, что во многих экспериментах он пользуется вакуумными емкостями, что, вероятно, и наталкивает его на мысли о космическом применении многих физических принципов.

* Патент США № 1137964 был выдан Годдарду 4 мая 1915 г.

В Принстоне

Для продолжения этих же работ Годдард принимает приглашение на 1912/13 учебный год в Пальмеровскую физическую лабораторию Принстонского университета — старейшего и крупнейшего научного и учебного центра страны.

Работа в Принстоне (здесь Годдард впервые стал получать зарплату — 1000 долларов в год) оказалась для него необычайно плодотворной. Именно в Принстоне ему удалось блестящий физический эксперимент — получение движущей силы от диэлектрика, находящегося в магнитном поле, при пропускании через него тока высокой частоты. Этот эксперимент не удавался до него никому. Более того, сам Х. Лоренц, выдающийся голландский физик, на теории диэлектриков которого было основано это явление, высказал соображение, что такой эксперимент невозможен. Годдарду удалось опровергнуть это сомнение. Результаты своих исследований в Принстоне Годдард опубликовал в августе 1914 г. в журнале «Физикэл ревью» в статье «Пондеромоторные силы, действующие на диэлектрик с переменным током, находящийся в магнитном поле» [70].

В Принстоне Годдард овладел самой современной методологией экспериментирования, включая такие, например, не частые тогда способы, как обращение с криогенными жидкостями или фотографирование и киносъемка при опытах.

Вечерами, иногда ночи напролет, Годдард занимался общей теорией ракетного движения (т. е. «Методом»), идея которой к концу июля 1912 г. (еще в Вустере) окончательно сложилась в его «зеленых книжках».

В записях от 26 июля — 1 августа 1912 г. более подробно рассмотрены задачи, намеченные еще в 1907—1909 гг., в частности об использовании порохового или водородно-кислородного топлива, а также вновь сделаны некоторые расчеты, в том числе в задаче о поднятии тел большой или малой массы на большие или умеренные высоты.

В Принстоне же, куда Годдард приехал 10 сентября (вместе со своей бабушкой, поскольку его здоровье к тому времени начало вновь вызывать серьезное беспокойство), он, по всей вероятности, занимался окончательным выво-

дом уравнения движения ракеты и дополнительными расчетами, а также продумывал методики будущих экспериментов. Кстати, все, что касалось будущей монографии, в дневнике этого периода фигурирует под «кодом» «проблема».

В «зеленой книжке» № 5 имеется запись в день очередной «годовщины», 19 октября 1912 г., в которой Годдард перечисляет порядок дальнейших работ по «проблеме»: «сопротивление воздуха (теория); расчеты для оружейного пороха; расчетная форма струи, исходя из энтропии идеального газа, и определение доли в ней пара (следы этого анализа в „Методе“, к сожалению, отсутствуют.— *И. Б.*); конструирование подающего механизма и зарядов» [5, р. 114].

Обратим внимание на последнюю фразу. Здесь, по всей вероятности, начало многозарядной ракеты — «второго принципа» «Метода», в предисловии к которому он формулируется как «сжигание в камере зарядов, следующих один за другим, подобно тому, как это делается в скорострельной пушке, так что большая часть массы ракеты оказалась бы состоящей из топлива». До сих пор мы ничего об этом не встречали ни в «зеленых книжках», ни в дневнике.

Таким образом, идея многозарядной ракеты, которая впоследствии принесла Годдарду столько разочарований, но которая в конце концов привела его к жидкостным ракетам, зародилась в Принстоне в октябре 1912 г.

В марте 1913 г. Годдард тяжело заболел (туберкулез легких) и вынужден был вернуться в Вустер, в родительский дом. Выздоровление началось только в мае, когда в Принстон было возвращаться уже поздно. Не смог он вернуться туда и осенью. Состояние здоровья его по-прежнему было тревожным. Однако в сентябре — октябре 1913 г. Годдард делает набросок статьи под названием «Перемещение в межпланетном пространстве» [13].

Никуда не денешься, снова приходится обратить внимание на некоторое совпадение с манерой Циолковского. Тот тоже многократно (а точнее 4 раза — в 1903, 1911—1912, 1914 и 1926 гг.) публиковал свои работы под одним и тем же названием «Исследование мировых пространств...». Трижды — в 1901, 1907 и 1913 гг. — почти одно и то же название встречается и у Годдарда (ни одна из этих работ, правда, не была опубликована).

Поскольку последняя работа более всего «космическая», мы остановимся здесь только на ее «ракетном» содержании и вернемся к ней в главе 5.

Результаты расчетов, приведенные в «наброске» новой статьи, разительно отличаются от полученных в 1909 г. Чтобы «аппарат типа ракеты» смог покинуть Землю, т. е. развить все ту же скорость 11,2 км/с, как показывают расчеты для пироксилинового пороха при КПД 70%, соотношение масс должно составить «лишь 16 (?)», скорость истечения при этом 2440 м/с.

Вопросительный знак поставлен рукою Годдарда. Что он означает? Сомнение? Но какого рода? Вспомним, что в 1909 г. соотношение масс 16 было получено Годдардом для водородно-кислородного топлива при КПД 100% (скорость — 4360 м/с). Неизвестно, кроме того, откуда возникло значение скорости истечения 2440 м/с. Так или иначе, но по формуле Циолковского конечная скорость получается по крайней мере в 2,5 раза меньше.

Но далее в «наброске» возникают цифры значительно более «скромные», хотя их происхождение также не раскрывается. «Теория была расширена методом аппроксимации с целью включения сопротивления воздуха и действия силы тяжести». В результате соотношение масс стало 500, что по формуле Циолковского дает конечную скорость 15,1 км/с, а при «КПД 70%» — 10,6 км/с. То есть этот расчет Годдарда можно считать уже вполне реалистичным.

Создается впечатление, что к осени 1913 г., если и существовало уже уравнение движения ракеты, то расчеты интервальным методом еще не были завершены. Но то, что они уже делались, видно из очередного плана работ, написанного в день «годовщины», 19 октября 1913 г. В числе других пунктов стояло: «Повторить более тщательно расчет для маленьких интервалов».

Если вернуться к «наброску», то после оценки масс в нем следует тезис, почти целиком повторяющий первый параграф «Метода» о трех «принципах» (здесь — «кардинальных усовершенствованиях»): сопло, ступенчатость ракеты (иногда Годдард называет этот принцип «множественностью») и многозарядность «с целью снижения веса прочей массы до 15—10 процентов от массы сжигаемого вещества».

И еще один тезис, объясняющий нам, почему все-таки «Метод» оказался целиком посвященным твердотопливной

ракете. По-видимому, Годдард не нашел никаких преимуществ у других жидких топлив, кроме водородно-кислородного, по сравнению с бездымным порохом, и поэтому его посетили вполне естественные сомнения (вспомним, что в расчетах 1909 г. имелись в виду газы): «...ради уменьшения веса пришлось бы иметь водород в жидком состоянии, а кислород — в твердом, а это повлекло бы за собой трудности бóльшие, нежели затруднение с большей массой при использовании пироксилина» [6, с. 42]. Многозарядная твердотопливная ракета представилась Годдарду значительно более простым и эффективным путем реализации «ракетного метода».

Намного обстоятельнее (с теоретической стороны), чем в «Метод», рассматривается в «наброске» задача доставки на Луну заряда осветительного пороха и некоторые другие задачи межпланетных полетов.

Первые ракетные патенты

Несколько раньше, когда, как пишет Годдард в автобиографии, к нему только вернулась способность работать (сначала лишь один час в день), он начал готовить материалы к двум заявкам на первые ракетные патенты. Почему Годдард вдруг решил запатентовать свои идеи? Очевидно, потому, что уже тогда отдавал отчет в их возможном военном значении.

Первая заявка была на двухступенчатую ракету, камеры сгорания которой снабжены коническими соплами (рис. 7). Применение сопла «надлежащей длины и конусности» Годдард объясняет тем, что при этом достигается преобразование работы расширяющихся газов в кинетическую энергию, а также обеспечение полного сгорания [6, с. 46]. Последнее у современного читателя не может, конечно, не вызвать удивления. Заметное утолщение в головной части ракеты необходимо, чтобы уменьшить до минимума боковое «поверхностное трение при сверхзвуковых скоростях» [5, р. 130]. На рисунке видны проходящие через сопла провода, предназначенные для воспламенения зарядов.

Заявка на эту схему была подана в октябре 1913 г., а патент США под названием «Ракетный аппарат» — первый патент Годдарда — был выдан 7 июля 1914 г. и имел

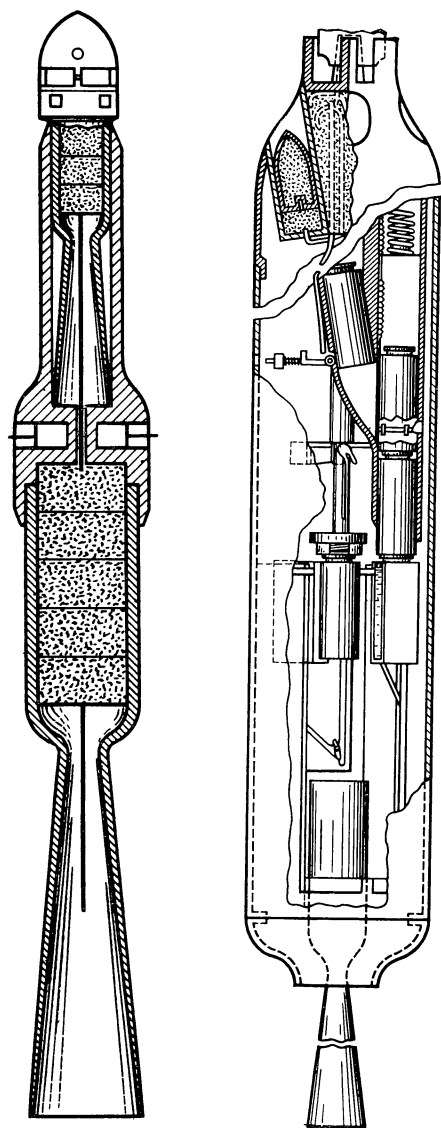


Рис. 7. Схема двухступенчатой ракеты из патента № 1102653 (1914)

Рис. 8. Схема многозарядной ракеты из патента № 1103503 (1914)

№ 1102653. В пояснительном тексте к патенту говорится: «Математический анализ показывает, что в ракетном аппарате заданной массы необходимый заряд топлива изменяется в соответствии с выражением, в котором та часть тепловой энергии заряда, которая переходит в кинетическую энергию, входит в экспоненциальной зависимости» [88].

Эта фраза подтверждает наше предположение, что в Принстоне или несколько позднее Годдард сделал по крайней мере первую попытку вывода уравнения движения ракеты. Заметим также, что конусность сопла на рисунке близка к тем самым 8° , которые Годдард принял и неизменно применял в экспериментах.

Работа над второй заявкой на ракетный патент велась весной 1914 г., когда Годдард уже почти совсем оправился от болезни. К середине марта заявка на твердотопливную многозарядную ракету в основном была готова. Однако, как записано в дневнике 26 марта утром, Годдард начал «думать о добавлении в ракетный патент жидкостной части» [5, р. 123]. Как мы знаем, в «зеленых книжках» почти ничего нет о конструкции жидкостной ракеты. Отсюда можно сделать вывод, что конструктивная схема жидкостной ракеты, вошедшая в патент, сформулировалась у Годдарда в марте 1914 г.

Заявка была послана 15 мая, а патент США № 1103503 «Ракетный аппарат» был выдан через неделю после предыдущего — 14 июля 1914 г. [89]. Подробнее о многозарядной ракете будем говорить в следующей главе, а здесь обратим внимание на некоторые элементы ее схемы (рис. 8): магазин с топливными патронами, механизм перезарядки и подачи патронов в цилиндрическую камеру сгорания, устройства для выбрасывания «стреляных» гильз в сторону и для боевой стрельбы фугасными зарядами вперед по направлению движения. Такое устройство головной части предлагалось как один из вариантов, вместо него мог быть дополнительный магазин или «вторичные ракеты», т. е. верхние ступени.

Как уже говорилось, идею ракеты с магазином твердотопливных зарядов Годдард выдвинул не первым. Еще в 1881 г. ее высказал в записке «Проект воздухоплавательного прибора» русский революционер-народоволец Николай Кибальчич [121]. Он выполнил качественный анализ ракетного движения и предложил схему аппарата с одной

или двумя (для удобства управления) цилиндрическими камерами сгорания, в которые заряды подаются последовательно с помощью «автоматических механизмов». Любопытно, что Кибальчич, много работавший со взрывчатыми веществами, рекомендует делать заряды — «цилиндрики из прессованного пороха» — полыми, так как в этом случае «горение... начинается с поверхности... канала». У Годдарда, как мы видим на схеме, заряды сплошные.

Вторично эта идея встречается в докладах Германа Гансвиндта. Наконец, у Циолковского в брошюре «Исследование мировых пространств...» (1914) читаем: «Всего проще вкладывать в трубу (камеру сгорания.— *И. Б.*) известный заряд и дать ему улетучиться. Затем, при отсутствии давления в трубе, вдвинуть другой заряд, и т. д. Это должна производить машина...». Но Циолковский приходит к выводу, что вообще весь этот метод «затруднителен». Жидкостная ракета — «намного выгоднее».

Интересно, конечно, было бы попытаться вскрыть причины таких совпадений в творчестве людей самой различной научной и профессиональной подготовки, живших в разных странах и, что почти стопроцентно достоверно, не имевших никаких возможностей ознакомиться с работами друг друга.

Но вернемся к патенту Годдарда № 1103503. В нем, пожалуй, более всего интересен последний рисунок на двух страницах, целиком заполненных чертежами, относящимися к многозарядной ракете, — «фиг. 19». На рисунке изображена довольно близкая к нашим сегодняшним представлениям схема жидкостной ракеты. Мы вернемся к этому рисунку в четвертой главе, а здесь отметим, что внешне заурядная с точки зрения нынешних знаний схема эта поражает предвосхищением всех основных элементов компоновки современной жидкостной ракеты (за исключением системы управления). Неважно, что поршневые насосы не нашли применения в практике, но привод насосов (центробежных) с использованием основных компонентов топлива — ныне одна из самых прогрессивных схем. Представляет интерес и сферическая форма камеры сгорания, хотя для Годдарда это не было принципиальным.

Надо сказать, что эта часть патента не привлекла в свое время внимания технической общественности. Она даже не попала в «Официальный бюллетень патентного бюро» за 1914 г. Поэтому о первых патентах Годдарда

было мало известно даже в начале 30-х годов, когда они еще могли сыграть серьезную роль в развитии ракет.

В конце апреля 1914 г. врачи разрешили Годдарду с осени вернуться к исследовательской деятельности. Принстонский университет вновь предложил ему свою лабораторию, но он уже дал согласие работать, начиная с 1914/15 учебного года, преподавателем в колледже при Кларковском университете с годовой зарплатой 500 долларов. Надо сказать, что Годдард был очень рад этой возможности, поскольку чувствовал себя еще очень неважно, «почти инвалидом», как он позже, в 1920 г., писал президенту университета. Три часа в неделю он читал там курс электричества и магнетизма и один час вел занятия в лаборатории. Такой режим позволил ему завершить работу над теорией и расчетом ракеты.

Начальный вариант «Метода»

В июле — августе 1914 г. Годдард пишет большую статью, в которой собирает результаты, полученные им в ракетных исследованиях за последние 2 года. Статья получила название: «Проблема поднятия тела на большую высоту над поверхностью Земли» [14]. В ней математически развивались все основные идеи, высказанные в «наброске» осенью предыдущего года. Уже самое поверхностное знакомство со статьей показывает — вот он «Метод», вся его теоретическая и почти вся расчетная части, вся структура, многие тезисы и даже заголовки те же. (Заметим, что до выхода в свет «Метода» еще долгие 5 лет и 5 месяцев.)

Обнаруживаются, однако, и некоторые важные отличия. Если в исходном тезисе «Метода» Годдард, как мы заметили, целиком отталкивается от задачи высотных исследований, то во вступительном абзаце «Проблемы» уверенно заявлял о существовании двух возможностей применения ракет: для поднятия «аппаратов с регистрирующими приборами на большую высоту» и для посылки «аппаратов на такие большие расстояния от Земли, что они попадут под влияние гравитационного притяжения другого небесного тела» [6, с. 44].

Таким образом, возникающие при чтении «Метода» сомнения в истинных намерениях Годдарда теперь окончательно отпадают — несомненно, с самого начала он имел в виду космические полеты. Возможно, даже их в первую

очередь. А доставка метеоприборов на большие высоты как главная задача сформировалась, очевидно, позже, когда возникла необходимость получить поддержку ученых и научных учреждений для продолжения разработок.

Давая в «Проблеме» вывод уравнения движения ракеты из закона сохранения количества движения, Годдард еще не пользовался схемой идеальной ракеты и не учитывал наличие оболочки, доля которой в отбрасываемой массе в «Методe» учтена коэффициентом k . Полученное таким образом уравнение движения имело вид:

$$cdm = (M - m) dV + [R + g(M - m)] dt.$$

Приняв скорость истечения постоянной, Годдард в сноске объяснил условия, при которых это допущение является корректным. Этого нет в «Методe».

Далее. В «Методe» Годдард упоминает, что аналогичное уравнение было им получено «с помощью аналитического выражения закона сохранения энергии». В «Проблеме» же говорилось, что энергия, выделившаяся при сжигании единичной массы, приравнивается к сумме кинетических энергий отброшенной и оставшейся масс, с учетом потерь энергии на сопротивление воздуха и гравитацию при достижении заданной высоты.

В «Проблеме» приводилось также несколько эмпирических уравнений для сопротивления снаряда с заостренной головкой для различных диапазонов скоростей. При этом Годдард высказал соображение, что полное сопротивление не может быть простой функцией высоты и скорости, так как «в действительности площадь поперечного сечения ни в коем случае не может считаться постоянной», а должна уменьшаться «пропорционально массе». Отсюда, как видим, и появилась будущая схема идеальной ракеты. Однако Годдард понимал, что такое условие приводит к усложнению задачи и одноступенчатая ракета все равно будет иметь постоянное поперечное сечение.

Получив уравнение движения с тремя переменными — массой, скоростью и временем (или высотой подъема), Годдард в «Методe» констатирует, что это новая задача вариационного исчисления, а следовательно, она нерешаема. В «Проблеме» же он сделал первые шаги интегрирования и, столкнувшись с необходимостью иметь функцию $V = f(H)$, остановился, не без оснований посчитав, что определение ее является «очень сложным».

Раздел о приближенном решении почти слово в слово тот же, что в «Методe». Разумеется, всюду вместо комплекса «эффективной скорости» $c(1-k)$ стоит просто скорость c , поэтому конечное, самое простое выражение (при R и g равных 0) выглядит совсем близко к уравнению Циолковского 1903 г.: $M = \exp^{at/c}$ (здесь $at = V$, а M — по существу отношение начальной массы к конечной).

Сразу же после этого Годдард в «Проблеме» приступил к интервальным расчетам. Но, что особенно интересно, расчеты были сделаны для двух видов «взрывчатого вещества» — пироксилинового пороха и жидкого водородно-кислородного топлива. Причем Годдард здесь уточнил, что водородно-кислородное топливо, дающее «наибольшее количество тепловой энергии на единицу массы» (из принятого раньше значения 3830 кал/г Годдард вычел скрытую теплоту испарения и теплоту, потребную для подогрева газа от обычной температуры. Получилось 3615 кал/г), должно быть жидким, но «средства для использования жидкого водорода и кислорода здесь не обсуждаются». В «Методe», как мы знаем, водородно-кислородное топливо упоминается лишь в примечании, а расчеты проведены для принятой произвольно скорости истечения 2290 м/с и еще более низких ее значений. В «Проблеме» же был дан расчет скоростей истечения из уравнения энергии $E = \frac{1}{2} c^2$ с учетом КПД цикла (здесь впервые возникло такое понимание КПД, хотя слово «цикл» не применялось), равного 50%. Получилось: для пороха — 2100 м/с, для H+O — 3625 м/с (последнее значение по нашим подсчетам — 3920 м/с).

Кривые, из которых Годдард брал значения коэффициентов сопротивления для скоростей ниже 915 м/с и которые упомянуты в «Методe», здесь, в «Проблеме», приведены со ссылками на известные в то время источники. Дана также таблица плотностей воздуха для высот более 30 км. Площадь поперечного сечения была принята 10,1 см².

Самым интересным оказывается то, что в «Проблеме» все расчеты были сделаны только для высотного старта — с «возвышения» 4,6 км (и, кроме того, часть расчетов — с 3,1 км). И хотя интервалы взяты те же, что и в «Методe», значения плотностей в них приняты несколько иные, в основном чуть ниже. Отсюда следует, что окончательные расчеты (для нулевой высоты и меньших эф-

фактивных скоростей), которые приводятся в «Метод», сделаны позже 1914 г., очевидно, уже в 1916 г.

Конечный результат для высоты 60 км (ускорение на последнем участке $10,4 \text{ м/с}^2$) был таков: начальная масса на единицу конечной для пороха — 4,03, для водорода с кислородом (подсчитано нами) — 2,26. При этом максимальная высота, достигаемая ракетой, — 96 км. В «Метод» для принятого на конечном участке ускорения $15,3 \text{ м/с}^2$ получено отношение масс 3,74 и максимальная высота 115 км.

Расчет конечных масс для подъема на «бесконечную высоту» в «Проблеме» был дан как продолжение уже сделанных расчетов для шести интервалов, поскольку оптимальная скорость для последнего интервала получена близкой ко 2-й космической. Единственное, что Годдард изменил, это площадь поперечного сечения для пороховой ракеты, приняв ее равной 160 вместо $10,1 \text{ см}^2$.

Для конечной скорости $11,2 \text{ км/с}$ (при старте с высоты $4,6 \text{ км}$) соотношения масс получились: 678 для пороха (в «Метод» — 602) и 40 для водорода с кислородом (в «Метод» последняя цифра была уточнена — 43,5). Эти результаты нельзя не признать близкими к истине. Годдарда они также удовлетворили как «вполне умеренные».

Уже здесь Годдард заметил, что на высотном участке (6-й интервал) «получается» очень большое ускорение (около $70 g$), и поэтому сделал пересчет его для трех меньших значений ускорения ($45,8$, $30,5$ и $10,7 \text{ м/с}^2$) с учетом сопротивления воздуха и силы тяжести, обратив при этом внимание на то, что высота, на которой достигается 2-я космическая скорость (местная), возрастает с уменьшением ускорения и что при этом надо учитывать уменьшение силы тяжести. Отношения масс возросли в $1,2$ — 3 раза. Как мы знаем, в «Метод» Годдард приводит не 4, а только 2 варианта расчетов для последних интервалов с ускорениями $15,3$ и $45,8 \text{ м/с}^2$, получив для лучшего варианта отношение масс 438.

И, наконец, в «Проблеме» была сделана оценка возможности посылки «одного фунта на поверхность Луны» со вспышкой заряда пороха в момент контакта с нею (в период новолуния). Цель такого полета — экспериментально доказать, что ракета способна достигать больших высот. Расчеты показали, что потребная скорость для этого на 2 — 3% меньше «параболической», а это, по мне-

нию Годдарда, делает задачу вполне реальной. Никаких расчетов потребных размеров заряда осветительного пороха в «Проблеме» еще не было, как и раздела о возвращении аппарата с больших высот на Землю.

В заключение «Проблемы» Годдард высказал суждения, что если конечная масса не равна 1 фунту, то начальная масса должна рассчитываться тем же методом, но с учетом других значений поперечного сечения. Разумеется, с этим нельзя не согласиться. (Читатель простит нас за то, что мы в некоторых случаях для простоты пользовались понятием «соотношение масс» вместо «начальная масса при конечной массе в 1 фунт»).

Второй вариант «Метода»

Переписав на машинке статью «Проблема поднятия тела...», Годдард передал ее для прочтения нескольким коллегам по университету и, в частности, профессору А. Уэбстеру. Тот внимательно прочитал рукопись — и не мог не выразить своего восторга. Однако, как отметил Годдард в дневнике, не обнаружив в работе никаких ошибок, Уэбстер засомневался и посоветовал обратиться к д-ру Даффу. Тот 1 февраля 1915 г. организовал в Политехническом институте доклад Годдарда под названием «Новые методы достижения больших высот». В объявлении тема доклада называлась уникальной и высказывалось предположение, что в нем будут приоткрыты многие тайны атмосферных полетов и «наших связей с Марсом» [5, p. 157].

В вечерней вустерской газете за 2 февраля появилась маленькая заметка, сообщавшая, что выпускник института, ныне преподаватель физики, Годдард с огромным успехом изложил перед студентами и преподавателями свою теорию и что он уже получил патенты «на высокоэффективный термодинамический двигатель, посредством которого он может достичь высоту без ограничения». И разумеется, не обошлось без преувеличения: он работает над «практической машиной» для посылки «вверх» различных записывающих приборов для изучения верхней атмосферы, «света звезд и солнца» и т. д. Конечно, тогда Годдард еще не работал ни над какой «практической машиной».

Итак, первая публикация теоретической части «Метода» в виде публичного доклада была осуществлена Годдардом за 5 лет до выхода печатного издания.

Буквально на следующий после доклада день Годдард заказал в фирме Дюпон пороховые ракеты разной конструкции и приступил к подготовке экспериментов с ними в физической лаборатории университета. Уже в начале марта был готов баллистический маятник, а 23 марта состоялся первый эксперимент по определению КПД обычной ракеты. В апреле Годдард начал испытывать стальные камеры, варьируя длину сошла и вид пороха. Вечерами он продолжал делать расчеты, а также занимался теорией экспериментов.

В мае 1915 г. Годдард получил должность ассистента профессора с годовым окладом 1125 долларов, а в марте 1916 г., кроме того, стал заведующим отделением физики университета с полной зарплатой 1500 долларов. При этом Годдард мог максимум времени, теперь уже официально, отдавать ракетным исследованиям.

В июне впервые была получена скорость истечения более 2000 м/с. Эксперименты продолжались. И, как выясняется при ознакомлении с дневником, не только «стендовые». Оказывается, в июне 1915 г. Годдард пытался запускать на высоту ракеты собственной конструкции [5, р. 162]. В это же время он, по-видимому, начал разработку механизма перезарядки для многозарядной ракеты. В августе началась подготовка вакуумных экспериментов, о которых подробно рассказано в «Методe». В декабре проводились опыты по сжиганию порошка магния с целью определения яркости вспышки. К этим экспериментам, связанным с задачей посылки на Луну заряда осветительного пороха, Годдард вновь вернулся в октябре 1916 г. Тогда он создал установку и получил результаты (в дневнике 28 октября записано: «Минимальная масса на Луну — 10 фунтов?»), которые целиком вошли в окончательный вариант «Метода».

Всю зиму, весну и лето 1916 г. Годдард, обычно с помощью одного-двух студентов или аспирантов, продолжал эксперименты со стальными камерами. Временами, правда, теоретик снова просыпался в Годдарде, и тогда он вновь садился за выводы и расчеты. Это очень нравилось его фактическому научному руководителю Уэбстеру. Но вскоре теория откладывалась в сторону.

Только в июне Годдарду удалось добиться настоящего успеха с вакуумными цилиндрической и U-образной установками при разрежении до долей миллиметра ртутного столба. Результаты удивили его самого: скорости оказались выше, чем при испытаниях в атмосфере (28 июня — 8242 фута/с!).

С середины июля Годдард сел за описания экспериментов (т. е. за 2-ю часть «Метода»), повторные и окончательные расчеты, составление таблиц и изготовление фотографий. 14 сентября рукопись была готова.

По сравнению с «Проблемой» «Метод» был как бы вывернут наизнанку. Все, что касается водородно-кислородного топлива, ушло в авторские примечания, которых в 1916 г. вообще не было (они написаны непосредственно перед изданием «Метода», весной 1919 г.). Почему Годдард так поступил? Причина, конечно, одна — желание избежать всякого намека на «непрактичность» ракет, на отдаленность их применения. Поэтому в «Метод» не вошли результаты всех прочих ранних «космических» исследований Годдарда, о которых будет рассказано в пятой главе. Ничего нет, например, об использовании солнечной и атомной энергии.

В заключение третьей части «Метода» Годдард написал: «Имеются, однако, пути развития рассматриваемого основного метода, которые включают в себя несколько не упомянутых здесь важных особенностей...» [6, с. 143]. И совсем в конце, перед «Выводами», ученый отметил, что эти пути «не связаны ни с чем таким, что представляется невозможным». Интригующий конец! Разумеется, для читателей того времени. Сейчас уже известно, что речь здесь идет о применении жидкостных ракет, а также атомной или солнечной энергии.

Получив работу от машинистки, Годдард тут же пишет большое письмо президенту Смитсоновского института в Вашингтоне с просьбой о поддержке дальнейших работ.

В поисках субсидий

Почему все-таки в Смитсоновский институт? Не президенту своего университета, не в политехнический институт, даже не Уэбстеру, а сразу в Вашингтон?

Смитсоновский институт один из крупнейших научно-исследовательских центров США, уступающий по масшта-

бу разве что Гарвардскому университету. Институт был основан на средства английского ученого Дж. Смита в 1846 г. Официальным главой института по традиции является президент США, а в почетный совет входят вице-президент и ряд министров. Основная задача института — перспективные фундаментальные исследования в различных областях науки. В его составе ряд крупнейших научных учреждений, в том числе астрофизическая обсерватория. Институт ведет большую издательскую деятельность, выпускает сборники научных трудов и монографии, а также оказывает финансовую помощь ученым.

Годдард, завершив работу над монографией, отдавал отчет в значимости и сложности «открытого» им, как он полагал, нового направления. Но Принстонский университет, а тем более институт в Вустере, хотя и горячо поддерживали его, не могли со своими скромными средствами обеспечить дальнейшее продвижение работ. К какой цели? Несомненно, к созданию реальных ракет с теми характеристиками, которые были получены в расчетах «Метода». Необходимо было найти организацию, в которой сочетались бы непосредственная заинтересованность в ракетах и достаточные возможности финансирования их разработки.

Таких организаций было только две. Первая — военное ведомство. Годдард давно уже имел его в виду. И даже делал попытки наладить с ним контакты. Еще в июле 1914 г. он обратился с письмом к морскому министру Даниельсу. В письмо вложил копии своих ракетных патентов. Рассмотрев существующие методы борьбы с вражескими самолетами, Годдард обращал внимание на преимущества в этом отношении «средств, описанных в прилагаемых патентах», т. е. на большое военное значение ракет. Тем более, что ими (как и морскими торпедами) можно управлять в полете по радио.

Обратим внимание на две фразы из этого письма [5, р. 126]. Одна о том, что, разработав теорию метода в 1912—1913 гг., Годдард до сих пор ее не опубликовал. Здесь мы впервые сталкиваемся с желанием Годдарда засекретить свои исследования. Смысл другой фразы в том, что право на патент он передаст кому бы то ни было лишь при одном условии, что «устройство» будет использоваться им самим или «под его непосредственным руководством».

Ответ министра хотя и содержал слова о большом интересе к ракете как к «оружию для использования как против самолетов, так и с самолетов», не удовлетворил Годдарда. И прежде всего потому, что в нем содержалось требование прислать более подробные данные о ракетах и их описание (то же касалось и радиоуправления), а еще лучше — «образцы Ваших ракет для испытаний». И никаких намеков на возможность финансовой поддержки.

В октябре Годдард снова написал Даниельсу, сообщив, что он сам в ближайшие год-два проведет эксперименты с ракетами для метеорологических целей, после чего «станет само собой разумеющейся их пригодность для борьбы с аэропланами» [5, р. 152]. Отклика на эту часть письма не последовало. Однако в письме, подписанном помощником министра, будущим президентом США Ф. Рузвельтом, высказывался горячий интерес к радиоуправлению для торпед. Но этим Годдард заниматься пока не собирался.

Понятно, что в 1916 г., опасаясь натолкнуться на равнодушные или, наоборот, потерять контроль над своей работой, Годдард не стал снова обращаться в военное ведомство.

В письме в Смитсоновский институт *, которое было написано в сентябре 1916 г. [6, с. 69 — 74], Годдард, не лукавя, говорит об альтернативной для него возможности обратиться за поддержкой к руководству ВМС, тем более что в консультативный совет флота входит д-р Уэбстер. Ведь ракета способна доставлять массы взрывчатого вещества на очень большие расстояния, и это будет «очень полезным в случае войны».

Почему же он все-таки обратился в институт? Во-первых, не было гарантии, что в ВМС ему разрешат «беспристрастно» доложить о своей работе, и может сложиться «плохое впечатление о приборе». Во-вторых, возможности военного применения ракет, по мнению Годдарда, «до какой-то степени ограничены», к тому же только такое применение было бы «потерей для науки», поскольку главное назначение его ракеты — метеорологические исследования.

* Не совсем понятно почему, но письмо о завершении «Метода» Годдард направил также в Аэроклуб США, однако ответа оттуда, по-видимому, не получил.

После весьма четкого и сжатого изложения основной сути и результатов «Метода» Годдард ставит перед институтом два вопроса — о создании комиссии для изучения изложенного материала и о возможности выделения средств («от какого-либо общества... либо от частных лиц») для продолжения работ в случае благоприятного отчета этой комиссии. Заметим здесь, что просьбы об опубликовании монографии в письме не было.

Письмо попало в руки директора астрофизической обсерватории института д-ра Чарльза Аббота, крупного ученого, специалиста по физике Солнца. Краткий отзыв Аббота, направленный в адрес директора института К. Уолкотта, содержал в себе уверенную поддержку ракетного «метода», который сулит «возможность достижения высоты в несколько сот миль!» и который, оказывается, в общих чертах обсуждался Абботом еще 5 лет назад с д-м Хейлом в обсерватории Маунт-Вилсон. Физиков чрезвычайно интересовала и продолжает интересовать проблема изменения по высоте состава и температуры атмосферы. В записке Аббота содержалась первая в истории годдардовских работ экономическая оценка — на постройку «устройства», по мнению Аббота, понадобится несколько тысяч долларов. И еще несколько тысяч на проведение экспериментов.

На запрос Уолкотта о возможных затратах Годдард представил краткий план работ по многозарядной ракете (если высоты должны быть порядка 150 — 300 км, то двухступенчатой), оценив их объем в 5 тыс. долларов и срок — около 1 года (стоимость изготовления образца — около 250 долларов) [6, с. 76]. Обратим внимание на эту деталь, поскольку в последующем (как и в этом случае) Годдард еще не раз будет ошибаться в определении сроков своих разработок и затрат, связанных с ними.

И еще один момент в ответе Годдарда привлекает внимание. В помощь себе он попросил лишь трех человек — одного экспериментатора и двух механиков. Годдард всегда пользовался услугами очень небольшого количества сотрудников. И это было связано не только с недооценкой сложности задач и ограниченностью средств. Годдард с самого начала своей ракетной деятельности стремился любым способом уменьшить возможность распространения информации о ней. Этим, кстати, объясняется его

нежелание в течение длительного времени публиковать «Метод».

Уолкотт отнесся к обещаниям Годдарда достаточно осторожно и вновь обратился за советом к нескольким своим коллегам. В принципе никто не отверг идею, но общее мнение было таково: надо ознакомиться с результатами теоретических выкладок Годдарда. Самые большие сомнения вызвала возможность реализации на практике многозарядной ракеты, точнее — механизма перезарядки. Было высказано пожелание увидеть чертежи механизма, а еще лучше — действующую модель.

4 декабря 1916 г. Годдард крепко перевязывает бечевкой свою рукопись, еще раз исправленную после варианта «Проблема»*, добавляет к ней копии четырех своих ракетных патентов, укладывает все это в деревянную коробку и отправляет скорой почтой в Вашингтон.

Первым читателем рукописи и патентов в Вашингтоне был, по-видимому, д-р Аббот. Отзыв его краток и однозначен: теоретическая часть, эксперименты и расчеты выполнены прекрасно. Схемы механизмов перезарядки не представляются слишком сложными, чтобы их нельзя было осуществить на практике. Необходима поддержка дальнейших работ. К этому мнению присоединился и другой член образованной Уолкоттом комиссии — известный физик Э. Букингом из бюро стандартов.

В результате правление института приняло решение о выделении Годдарду субсидии в 5 тыс. долларов из фонда Ходжкинса (образованного в институте в 1891 г. известным американским физиком) на создание экспериментальной многозарядной ракеты [6, с. 81]. Единственное условие — тесный контакт с Абботом и Букингом и ежегодный (или по мере получения результатов) отчет о работах и затратах.

История монографии «Метод достижения предельных высот» еще не закончена — до ее выхода в свет почти 2 года. Но теперь наше внимание переключается на новый важный этап деятельности Годдарда — уже не теоретико-экспериментальный, а опытно-конструкторский.

* Рукопись получила новое название, весьма близкое к окончательному: «Метод посылки записывающих приборов в верхние слои атмосферы и выше».

Многочарядная ракета — годы тщетных усилий

Начало опытно-конструкторских работ

8 января 1917 г. Годдард получил первый чек на ракетные разработки — 1 тыс. долларов. Со дня обращения в Смитсоновский институт прошло чуть больше трех месяцев.

Еще в октябре предыдущего года в письме к Уолкотту Годдард предложил план работ по многочарядной ракете (МЗР). Последовательность работ выглядела примерно так: выбор размеров камеры сгорания, выбор размеров заряда, определение характеристик пороха, конструирование механизма перезарядки, испытание этого механизма «в условиях, как можно более приближенных к рабочим», и, наконец, «эксперименты с целью снижения веса» конструкции [5, р. 177].

В марте 1917 г. Годдард приступил к экспериментам в лаборатории политехнического института, о чем было сообщено в институтской, а затем и в вечерней вустерской газетах.

Трудности возникли сразу. Одно дело экспериментировать с массивными, толстостенными стальными камерами и небольшими зарядами (до 10 г) пороха и совсем другое дело — с облегченными, предназначенными для полета камерами и значительно большими зарядами. Сразу же возникла проблема состава и технологии приготовления пороховых зарядов. Годдард не был специалистом по взрывчатым веществам (таковых не было в Вустере), да и вообще химиком. Пришлось искать консультации в Нью-Йорке. В конце концов удалось наладить лабораторное производство зарядов из новейшего бездымного пороха.

В апреле 1917 г. США вступили в войну. И хотя по сравнению с европейскими странами вступили не слишком активно, это не могло не отразиться на внутренней жизни страны. Промышленные монополии, получив от правительства крупные военные заказы, стремительно наращивали производство различных видов вооружения. Военные ведомства, в свою очередь, вели активный поиск и закупку патентов на новые изобретения, могущие представлять интерес для фабрикантов оружия.

В связи с этим у Годдарда вновь возникла идея обратиться к военным и предложить проект своей ракеты. Кстати, уже в первом обращении в Смитсоновский институт в октябре 1916 г. говорилось о военных возможностях МЗР. Разумеется, будучи теперь связанным обязательством с институтом, он делает это не непосредственно, а через Уолкотта.

Какие преимущества своего «Метода» Годдард предлагает военным? Возможность получения больших, недоступных артиллерии дальностей полета снаряда, легкость транспортировки и запуска (в том числе с подводных лодок), ненужность легко обнаруживаемых противником огневых позиций. Как видим, Годдард предвосхитил создание подводного ракетноносного флота. Годдард знал, что боевые ракеты прошлого страдали очень невысокой точностью, но надеялся преодолеть этот их недостаток.

Разумеется, Годдард предлагает вести работы только под своим руководством и в обстановке высокой секретности. Для этого, по его мнению, ему необходимо было бы иметь какую-нибудь должность в военном министерстве (например, «эксперта по баллистике»). Заодно Годдард обращается к Уолкотту с просьбой организовать защиту патентов от публикации по крайней мере до окончания войны.

В письмах в институт в этот период Годдард все время подчеркивает, что работа над военными ракетами никак не отразится на планах создания высотных исследовательских ракет — между получением большой дальности и большой высоты полета принципиальной разницы почти нет. Надо сказать, что Аббот сразу же поддержал Годдарда и со своей стороны рисовал картины большой эффективности боевых ракет. Можно будет, например, легко разрушить предприятия Круппа в Эссене. Если, конечно, удастся получить дальность

более 150 км. Под такую идею наверняка можно получить у военных не менее 50 тыс. долларов,— убеждает Аббот Уолкотта.

Но директор института более осторожен: он считает, что военных можно убедить только с помощью эффективной демонстрации работающей ракеты. Годдард соглашается через некоторое время показать на испытаниях ракету небольших размеров. При этом он уверен, что никакой принципиальной разницы между ракетами малых и больших размеров не существует. Эта уверенность впоследствии не раз обманет Годдарда, прежде чем он на опыте убедится, что масштабный фактор играет в ракетостроении далеко не малую роль.

Работа, однако, шла далеко не так успешно, как бы того хотелось. Забегая вперед, скажем, что Годдарду так и не удалось создать работоспособной конструкции МЗР ни к лету 1917 г., ни в последующие годы. Хотя в попытках своих он шел на всевозможные, иногда просто неожиданные конструкторские ухищрения и вера в успех не оставляла его долгое время.

Вернемся ко второму патенту 1914 г. Из скрупулезного описания и весьма подробных чертежей МЗР видно, что Годдард поначалу шел по пути очень сложного в отношении «механики» решения. Как должна была работать ракета согласно его первоначальному замыслу (см. рис. 8)?

В камере сгорания подрывался патрон с бездымным порохом. Отдача при взрыве использовалась для перемещения камеры вверх по отношению к корпусу. При этом затвор с тыльной стороны камеры поворачивался и отделялся от камеры вместе с пустой гильзой патрона. Срабатывал пружинный механизм — гильза выбрасывалась в сторону от оси ракеты, через специальное окно, а взамен в держатель затвора подавался новый патрон из магазина. Затвор с патроном шел вниз, поворачивался и плотно соединялся с камерой, после чего боек ударял по капсюлю патрона.

Как видно из этого описания, имелся в виду сложный механизм со многими рычагами, пружинами и направляющими пазами. Предполагалось также, что в ракете должно быть несколько магазинов и, следовательно, необходим не менее простой механизм их переключения.

Уже в 1916 г. Годдард проектирует другой меха-

низм перезарядки МЗР и получает на него патент США № 1194496 [91]. К сожалению, мы не располагаем его текстом, но из схемы, приведенной в «Материалах», видно, что для подачи патронов в камеру здесь применено электромагнитное устройство с питанием от бортовой батареи.

По-видимому, эта схема, как и предыдущая, не была реализована Годдардом. Сложность обеих схем, особенно с учетом быстроты перезарядки, и, кроме того, неизбежность большого веса конструкции на единицу веса заряда были очевидны. Последнее обстоятельство, впрочем, не слишком беспокоило Годдарда. Он полагал, что снизить это отношение будет легко за счет увеличения емкости магазинов. В то же время он всячески стремился снизить вес камеры сгорания по отношению к весу одного заряда. В первых моделях 1917 г. он имел это отношение около 240 (камера — 2,2 кг, заряд патрона — 9 г), к августу достиг цифры 85 (камера — 3,4 кг, заряд — 40 г). Осенью 1917 г. работал над 60-граммовым зарядом для той же камеры (отношение — 57)*.

Сам патрон, точнее — состав пороха и конфигурация заряда оказались очень сложной проблемой. В конце концов Годдарду удалось найти весьма квалифицированного помощника — им стал Генри Паркер, специалист по взрывчатым веществам. Это позволило провести тщательное изучение характеристик различных порохов и технологии их изготовления. Был выбран бездымный порох «лайтнинг», имеющий, как выяснилось, высокую теплотворность при хороших механических свойствах.

По военным контрактам

Хотя средства из 5-тысячной субсидии института продолжали поступать, Годдард постоянно чувствовал их недостаток и, получив согласие Уолкотта, все же обратился за помощью к военным. 20 августа 1917 г. он посылает развернутое письмо начальнику управления вооружений армии, где кратко излагает боевые возможности МЗР («коротко говоря, это пулемет, стреляющий

* В примечаниях к «Методу», написанных весной 1919 г., говорится, что для двух типов перезаряжающего устройства это отношение было получено 63 и 22 [6, с. 150].

вниз зарядами бездымного пороха») и предлагает к разработке несколько расчетных вариантов. В качестве основного — ракету весом 42 кг с головной частью 13,6 и весом топлива 15 кг. Скорость такой ракеты должна быть по расчетам около 365 м/с*, а максимальная высота при вертикальном подъеме — около 6,5 км. По максимальному варианту при тех же весах головной части и конструкции и весе топлива 113 кг расчетная максимальная скорость будет 1040 м/с, а максимальная высота подъема 115 км. Точность стрельбы предлагается обеспечить за счет раскрутки ракеты перед стартом. Годдард не дает в письме оценки затрат на разработку, но назначает стоимость одного (основного) образца — 150 долларов.

Буквально через неделю состоялась первая встреча с военными, а в ноябре Годдард поехал в Вашингтон. Однако далее обсуждений дело поначалу не пошло: представители корпуса связи хотели более веских доказательств реальности боевых ракет нового типа. А именно, как и говорил Уолкотт, демонстрации опытного образца.

В течение лета Годдард с помощниками испытывал перезаряжающее устройство МЗР, причем долгое время пытался применять затвор камеры сгорания с секционной резьбой (по типу орудийного). Однако устройство для привода затвора оказалось слишком сложным, и осенью был создан механизм перезарядки новой конструкции — с использованием силы отдачи при подрыве заряда в камере, что, как нетрудно увидеть, имело своим прототипом схему патента 1914 г.

Основная трудность создания затвора состояла не только в обеспечении надежности при работе с высокой частотой, но главное — в обеспечении полной герметичности стыка его с камерой сгорания. Простое фланцевое соединение с прижимными пружинами, примененное вместо секционной резьбы, поначалу работало неплохо, но полной герметичности не давало. Пришлось к фланцам добавить специальный замок. Годдард остался доволен результатами испытаний. Поскольку затвор имел при перезарядке небольшой ход, его пришлось

* Расчет был сделан с учетом потерь на сопротивление воздуха. Скорость истечения принята 2140 м/с, т. е. явно завышенная.

сделать весьма массивным. А чтобы исключить колебания камеры, затвор был выполнен из двух частей, разделенных пружиной. Массивная часть воспринимала вместе с камерой всю отдачу, а затем способствовала плотному прижатию более легкой фланцевой части. Недостатком этого способа был, конечно, большой вес затвора и мощных пружин.

15 декабря 1917 г. в присутствии военных механизм затвора с холостыми патронами работал отлично* [6, с. 78].

Следующей задачей было создание магазина, а также капсюльного воспламенителя зарядов, но это Годдард считал делом значительно более легким. Магазины предполагались трубчатыми с пружинными толкателями и храповыми фиксаторами. Предполагалось, что магазинов будет несколько и поэтому в целях сохранения балансировки ракеты заряды будут забираться последовательно из каждого из них. При этом Годдард понимал, что вращение ракеты с целью стабилизации может привести к отказу механизмов, и решил вместо него применить обычные плоские стабилизаторы. Камера была выполнена из хромованадиевой стали и при экспериментальных подрывах зарядов «вела себя» с точки зрения прочности и нагрева стенок совсем неплохо. Лишь в горловине сопла (конусность которого, как и в экспериментах 1915 г., была 8°) обнаруживалась эрозия.

С января 1918 г. к переговорам Годдарда с начальством корпуса связи подключилось руководство Кларковского университета и Смитсоновского института. Состоялось новое совещание в Вашингтоне, на котором члены комиссии института — Аббот и Букингом представили краткий отчет о состоянии работ Годдарда. Предполагалось два варианта боевых МЗР с головной частью весом 1,4 кг — с дальностью 11 км (вес 4 кг) и 190 км (вес 14,5 кг). Предлагалось выделить Годдарду 10 тыс. долларов на 3 месяца, по истечении которых он должен представить опытный образец. Из 5-тысячной субсидии института к этому времени оставалась еще половина.

* В автобиографии Годдард пишет, что в 1917 г. МЗР взлетела на высоту 18—25 м, однако в документах «Материалов» об этом ничего нет.

Решение было положительным, и с этого момента Годдард переключился на создание военных ракет. Общее руководство при этом оставалось за институтом.

Работы продолжались в Вустере, где Годдарду было выделено специальное здание — небольшой двухэтажный домик лаборатории магнетизма Вустерского политехнического института. Здесь в немалой тесноте размещалась мастерская со станками и различным оборудованием и испытательный стенд. Помощников было теперь несколько — кроме химика Паркера и опытного механика К. Хайгиса, еще два токаря и плотник. Иногда помогали студенты. Был даже сторож. Годдард уделял большое внимание не только секретности в своих планах и достижениях, но и вообще борьбе со всяким посторонним любопытством к его работе. Чтобы исключить возможность заполнения помещения выхлопными газами (и, следовательно, необходимость открывать окна), для их отвода под стендом была вделана специальная труба.

К весне 1918 г. опытный образец МЗР почти удалось закончить. Посетивший в середине марта лабораторию Аббот не мог скрыть своего восторга и в подробном отчете директору института выразил уверенность, что ракета взлетит не позже чем через месяц.

Что представляла собой ракета, стендовые испытания которой шли в это время? Это была очень легкая конструкция (разумеется, не в относительном смысле). Так, камера сгорания со сплошной стенкой толщиной 6,5 мм весила 740 г. Была сделана еще одна камера — с более тонкой стенкой, обмотанной для жесткости тонкой рояльной струной. Эта камера вместе с навинчивающимся соплом весила 460 г. Затвор в окончательном варианте весил 130 г. Ход затвора под действием отдачи был около 10 см. Был также разработан подающий механизм, который забирал заряд из магазина, либо смещенного относительно оси ракеты, либо спирально, и подавал его в затвор. Заряды решено делать не из чистого нитроглицерина, как раньше, а на 70% из нитрата аммония. Это повысило их качество, особенно прочность, и облегчило изготовление.

Поначалу предполагалось, что полный вес ракеты составит около 1 кг, но вскоре стало ясно, что ракета будет намного тяжелее. При огневых испытаниях в марте

1918 г. устройство со всеми дополнительными стендовыми механизмами имело общий вес 7 кг и подняло само себя на 30 см. На этих испытаниях и присутствовал Аббот.

Для восторгов, однако, было мало оснований. Очень скоро выяснилось, что механизм работает ненадежно — отказы и заклинивания были обычным явлением. Не удавалось не только создать полную конструкцию МЗР, но довести даже отдельные ее элементы. Демонстрация перед военными была под угрозой. В то же время от Годдарда все ждали результата, все надеялись на реальный успех (в мае субсидия корпуса связи возросла еще на 10 тыс. долларов).

В этой нервной ситуации Годдард вынужден был срочно изменить ориентацию работ. Авторитет «Метода» перед военными можно было спасти только предложив им действующий опытный образец нового вида оружия. И группа Годдарда начинает разработку значительно более простых «однозарядных» ракет (ОЗР), т. е. обычных ракет военного назначения.

Ракетное оружие

Напомним, что более 100 лет назад англичанин Уильям Конгрев запускал боевые твердотопливные ракеты на дальность около 3 км при весе 15—20 кг и уже тогда проектировал ракету весом около 45 кг. В 1850—1860 гг. ракеты русского военного инженера К. И. Константинова достигали дальности почти 5 км. Ракеты в те периоды производились и запускались сотнями и тысячами. Но к 60—70-м годам XIX в. ракеты вследствие своей малой точности и, следовательно, эффективности, были вытеснены нарезной артиллерией.

Что же нового собирался внести Годдард в эту в общем-то достаточно развитую область техники? Очевидно, прежде всего — принципиально новые дальности полета. Каким путем? В распоряжении его были лишь две возможности: новые виды пороха и способность рассчитывать минимальные веса конструкции при заданном весе головной части. Как ему удалось решить поставленную задачу, увидим чуть позже.

К этому времени Годдард, как уже говорилось, получил дополнительные средства, и общий бюджет вырос до

25 тыс. долларов. Деньги, полученные от военных, позволяли существенно расширить фронт работ. Но стесненные условия вустерской лаборатории сделать этого не позволяли. Впрочем, условия для расширения можно было бы найти и в Вустере. Однако Годдард всегда очень страдал от интереса к его работам со стороны местных специалистов, репортеров и просто любопытных. Представляется, что иногда этот посторонний интерес он сильно преувеличивал. Чем это объяснялось? Конечно, желание вести работы в обстановке строгой секретности было вызвано не только тем, что работы носили военный характер. В конце концов это были не его заботы. Но Годдард был абсолютно уверен в том, что он — единственный в США, и, может быть, в мире, кто столь далеко продвинулся в этой области техники. Поэтому всякая, как теперь сказали бы, утечка информации может привести к потере им монополии. Кто может гарантировать, что другое лицо и тем более в другой стране не будет иметь значительно больше средств и поддержки со стороны правительственных органов? Потому-то он и требовал воздержаться от публикации своих патентов, как и монографии, посланной в институт. Потому-то и родилась у него идея перенести место своих разработок куда-нибудь подальше от посторонних глаз, скорее всего на Запад. Там к тому же намного лучше и устойчивее погода, и не будет от нее такой, как здесь, вблизи Атлантики, зависимости при испытательных пусках ракет.

Идея эта была поддержана Абботом и Уолкоттом. А также — что было не менее важно — директором университета Уэбстером (Годдард считался летом в академическом отпуске). После быстрых переговоров с институтом Карнеги ему была предоставлена возможность переехать в Калифорнию, в принадлежащую этому институту ныне всемирно известную солнечную (позже астрономическую) обсерваторию Маунт-Вилсон. Обсерватория эта располагалась близ городка Пасадена, где в 1936 г. возник ныне один из самых крупных космических научных центров США — Лаборатория реактивного движения.

Итак, Годдард впервые оставил Новую Англию, чтобы продолжить работы на новом месте, в новых условиях. 5 июня 1918 г. «караван» из двух автомобилей выехал из Вустера и через 5 дней достиг пустынного района Пасадены. С Годдардом приехали Паркер и еще три помощ-

ника. Хайгиса, которому Годдард во многом обязан своими результатами в Вустере, среди них уже не было. Но в Пасадене к группе присоединился К. Хикман, который потом работал с Годдардом с перерывами вплоть до смерти ученого.

В обсерватории в это время шли интенсивные работы по монтажу 100-дюймового телескопа. На это были брошены все наличные силы и оборудование. В работах участвовали и некоторые помощники Годдарда. Тем не менее сразу же по приезде удалось развернуть работы по МЗР и нескольким видам ОЗР. Еще в Вустере прошла первые испытания ОЗР весом 715 г (заряд 290 г). К камере с внутренним диаметром 37 мм и длиной 13 см крепилось сопло длиной 15 см (диаметр горла 16 мм, конусность 8°). Стенка из хромованадиевой стали толщиной 1,6 мм была обмотана двумя слоями струны диаметром 0,8 мм, так что наружный диаметр был близок к стандартному калибру 45 мм. При пусках в Вустере с помощью деревянной направляющей дальность этой ракеты составила 0,8—1,0 км. В Пасадене, однако, от обмотки было решено отказаться, и толщина стенки камеры была увеличена до 3,2 мм. К камере крепилась металлическая сплошная головка длиной 9 см.

В июле Годдард начал экспериментировать с металлическими пусковыми трубами для старта ОЗР. Предполагалось, что такое устройство может стать эффективным траншейным оружием, применяемым, в частности, в готовящихся в те годы армиями ряда стран газовых атаках, а также для бросания глубинных бомб с кораблей. Применялись так называемые трубы Шелби с внутренним диаметром 44,5 мм и длиной 1,4 м (толщина стенки 3,2 мм). Внутренняя поверхность трубы была отполирована. Поскольку зазор между стенкой и снарядом был значительным, ракета плохо стабилизировалась в полете. Уже через 5—6 м полета (заряд выгорал еще до покидания ракетой трубы) она разворачивалась почти на 90°. Тогда Годдард приделал к ракете три пары выступов, чтобы она плотно прилегала к поверхности трубы. Это, однако, ненамного улучшило дело.

Было опробовано еще несколько способов стабилизации ракеты с целью повышения точности стрельбы. В общем-то все эти способы были хорошо известны в практике ракетостроения. Сначала — трехперьевой стабилизатор

(три тонкие плоскости крепились к соплу), не выходящий за наружный диаметр ракеты. В принципе этот способ мог бы быть достаточно эффективным, если бы сопло было намного длиннее. Затем был опробован другой способ — в сопле выфрезерованы спиральные пазы для придания ракете вращения вокруг продольной оси. Годдард попробовал разные варианты нарезки, ракета в полете действительно вращалась, но недостаточно быстро и с замедлением. Потом Годдард снова вернулся к стабилизаторам, но уже выступающим за обводы ракеты. При этом, конечно, пришлось в пусковой трубе сделать прорези. Стабилизация была неплохой, но технология изготовления снаряда и трубы сильно усложнялись, и Годдард от этого пути отказался. Было решено попробовать еще два метода: либо сделать нарезку в самой трубе, снабдив снаряд медным центрирующим пояском, либо, что как будто лучше всего, вообще ограничиться таким распределением веса в снаряде, чтобы головная часть была намного легче хвостовой и центр давления оказался бы позади центра тяжести.

Главной задачей Годдард по-прежнему считал повышение эффективности ракеты, т. е. ее дальности. Он быстро убедился в том, что на эту характеристику влияет не только вид пороха, но и технология приготовления заряда, поскольку от нее зависит полнота сгорания. Вначале Годдард применял порох «грубого помола» и обнаружил, что сгорание его было далеко не полным. После этого было решено применять измельченный порох. Кстати, Годдард решил, что смесь нитроглицерина с нитроцеллюлозой все же лучше, чем чисто нитроцеллюлозный порох. Тем более, что коррозионное воздействие на металл, которым этот порох прославился в артиллерии, здесь не опасно — ракета применяется только один раз. При 40% содержания нитроглицерина скорость истечения составила 1520 м/с по сравнению с 915 м/с для чистого нитроглицерина.

Испытания

Немало сложностей возникло при конструировании пусковой трубы. Первоначально предполагалось, что труба должна служить только направляющей и, следовательно, быть открытой с обоих концов. Неожиданно выясни-

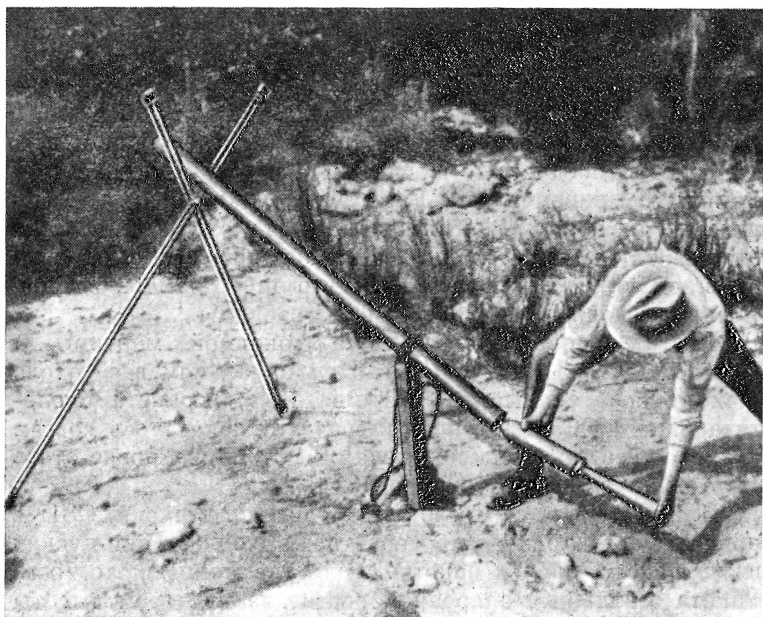


Рис. 9. «Однозарядная» ракетная установка с открытой трубой (1918)

лось, что, если отверстие казенной части трубы закрыть, скорость вылета снаряда возрастет более чем втрое. При этом, если снаряд перед пуском располагается на некотором расстоянии (около 30 см) от заднего обреза трубы, давление в ней возрастает незначительно, и тогда нет нужды дополнительно упрочнять ее. Открытая труба давала начальную скорость снаряда 70—110 м/с (при весе ракеты около 900 г и весе заряда от 40 до 95 г). Кроме того, она имела важное достоинство — при выстреле не было никакой отдачи. Не говоря уже о том, что заряжать трубу можно было с казенной части (рис. 9).

При закрытой же трубе скорость достигала 350 м/с (позже даже 440 м/с [5, р. 258]), но при этом возникала сильная отдача. В то же время Годдарду «показалось», что при закрытой трубе резко возрастает КПД ракеты (энергия на единицу массы пороха) при вполне

умеренном давлении в камере (такovým Годдард считал 150 атм). Это привело его даже к весьма неожиданному предположению, что «сопло» (т. е. ракетный двигатель) более эффективно, когда давление на его срезе намного превышает атмосферное.

Итак, либо закрытая, либо открытая труба. А что, если нечто среднее, т. е. сделать размер заднего отверстия трубы переменным? Ведь тогда можно получать различную, по желанию, дальность полета. Что же касается отдачи, то ее можно парировать либо просто упором трубы в землю, либо с помощью какого-нибудь амортизатора. Возникли новые конструкторские проблемы.

Первая такая ракета — типа «окопной мортиры» — испытывалась 3 июня 1918 г. При начальном весе около 1 кг (относительный вес топлива 12,5%) ракета пролетела около 800 м. На первый раз это показалось совсем неплохо: все-таки она полетела! Вес топлива после этого было решено увеличить до 25—33%.

В июле 1918 г. проводились опытные пуски ОЗР в присутствии директора обсерватории Хейла. При пусках из глубокого ущелья ракеты пролетали лишь около 75 м. Ракета с большим оперением достигала при этом высоты 300—450 м. Ракета весом 1,4 кг улетела на 250 м при высоте траектории 270 м.

Тем не менее пуски ракет произвели на Хейла большое впечатление, о чем он тут же сообщил Абботу. Ученый обсерватории понравился энтузиазм Годдарда, его способность организовать дело, расставить людей, спланировать работы. Оказалось, что физик из Вустера не только хороший теоретик и экспериментатор, но и замечательный организатор. Этим объяснялся довольно быстрый прогресс, полученный группой. Хороших специалистов в ней, однако, явно не хватало, и Годдарду приходилось самому решать все проблемы — разработки камеры, зарядов, воспламенителя, стабилизаторов, головной части, системы пуска и т. д.

Много сил было потрачено на выявление лучшей конструкции сопла. Эмпирический поиск наилучших его размеров — о расчетах Годдарда после «Метода» нам вообще почти ничего не известно — шел в направлении получения высокой скорости газов на выходе (замеры проводились с помощью баллистического маятника) и максимального облегчения сопла для лучшей

стабилизации ракеты в полете. Поэтому вновь и вновь испытывались сопла с разной длиной, со стабилизаторами различных очертаний, с внутренней нарезкой различной конфигурации.

В ходе усовершенствования пусковой установки Годдард решил создать трубу с изменяемым отверстием казенной части. Одна из конструкций имела поворотную втулку, которая либо полностью открывала, либо полностью закрывала отверстия в виде боковых пазов в трубе. Разумеется, зарядание производилось при этом через передний конец трубы. Был установлен прицел с двумя угловыми шкалами. Другая установка имела приспособление для плавного регулирования размеров отверстия и фиксированный угол установки 45° . По одному из вариантов труба для снаряда калибром 76 мм весила 28,5 кг, а вместе с опорой — 33 кг. 76-миллиметровый снаряд, созданный в августе 1918 г., весил 6,6 кг при заряде пороха 250 г и весе головки 3,1 кг*. Дальность полета была 410 м при высоте траектории 250 м. Среднее отклонение от цели 9—12 м.

Несмотря на заметные успехи Годдарда в работе с однозарядными ракетами, трудно отделаться от мысли, что на ней лежит печать спешки, нередко поиска вслепую, без достаточного обоснования ожидаемых результатов. Экспериментируя, например, на баллистическом маятнике с легкими снарядами калибром 25,4 мм, Годдард пришел к неожиданным для себя результатам. Если при закрытой трубе ракету сдвинуть назад до отказа, но казенную часть трубы расширить в диаметре, начальная скорость возрастет на 25%. А если при этом вообще обрезать сопло и снова сдвинуть ракету до отказа назад, скорость дополнительно возрастет на 33%. Всего, таким образом, получено увеличение скорости ракеты на 67% — до 590 м/с.

Это навело Годдарда на мысль, что эффективность всей установки можно поднять еще, если использовать «двойное расширение», т. е. сделать так, чтобы ракетный двигатель работал не только в стволе, как ранее, но и за его пределами. Это означало совместить принципы ракеты и артиллерии, а по существу, как нам кажется, перечеркнуть многие достоинства первой.

* Последняя цифра получена нами по косвенным данным.

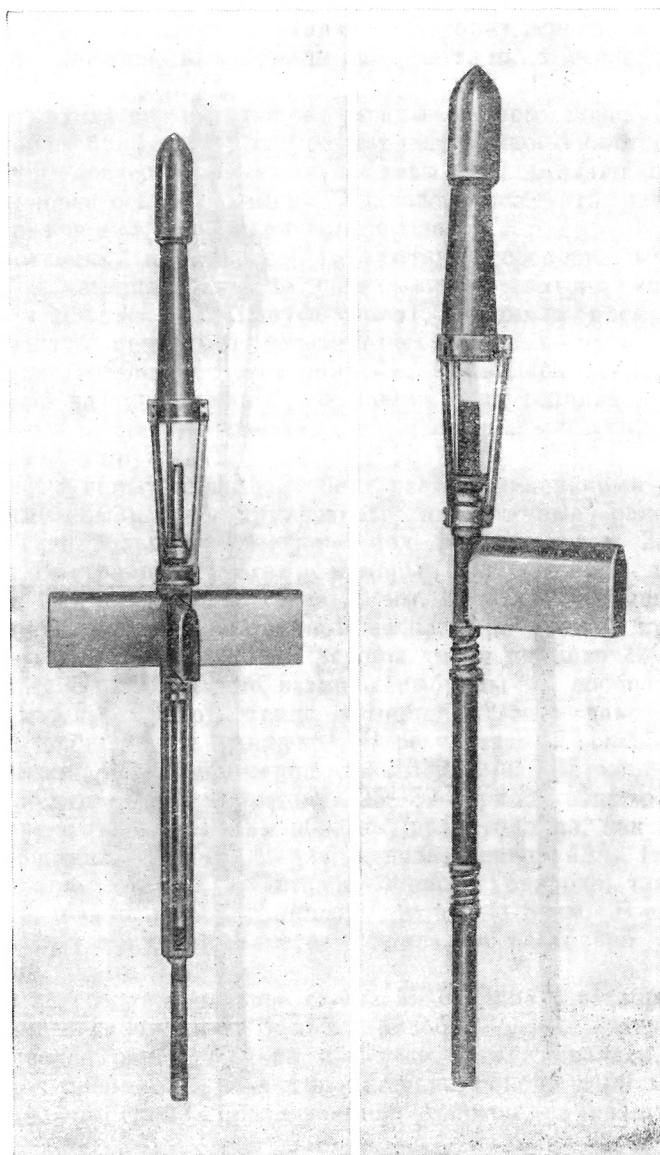
Приближалась пора демонстрации достижений Годдарда военной инспекции. Об этом уже давно говорили Хейл и Аббот. Но Годдард старался оттянуть этот шаг — никак не ладилось с основным, как он в тайне не переставал считать, направлением работ — многозарядной ракетой. Вместе с тем Годдард понимал, что ОЗР смогут нагляднее показать свои достоинства военным специалистам и тем самым принести ему новые ассигнования. Поэтому и больше работал над ними, в ущерб МЗР.

Правда, несколько новых конструкций МЗР уже в июле — августе проходили испытания. Еще в Вустере у Годдарда возникла довольно неожиданная идея — заряжать камеру зарядами не с казенной части, а через... сопло. Это позволило избавиться, наконец, от проблемы создания сложного механизма затвора и упрощало конструкцию камеры. Идея казалась просто спасительной.

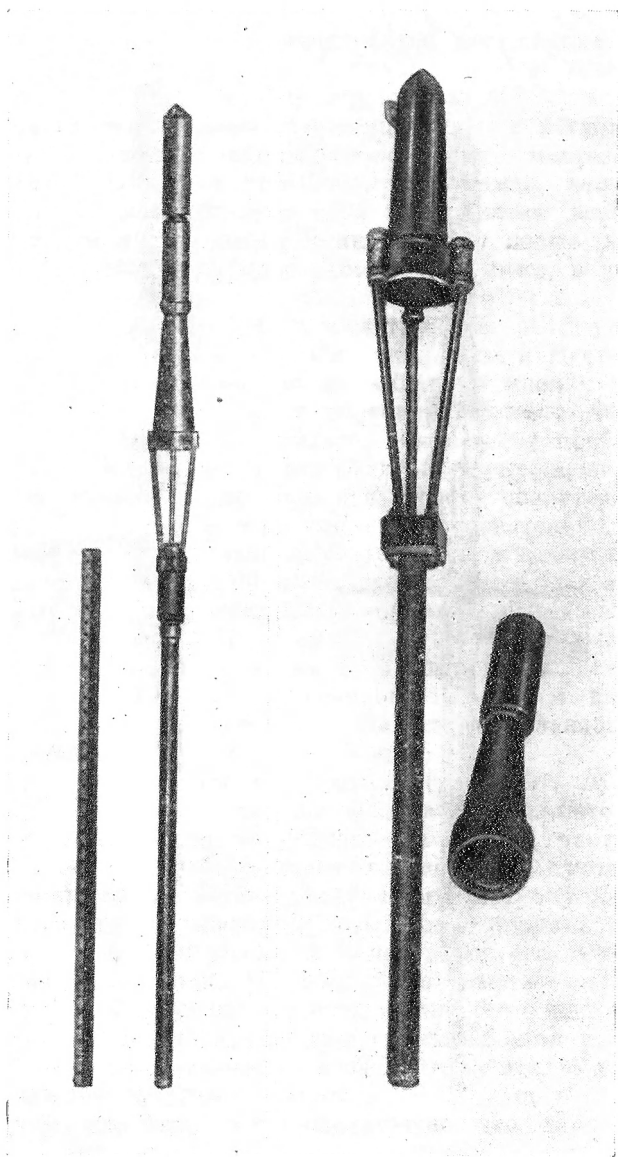
Задача состояла в том, чтобы последовательно, после каждого выстрела «забрасывать» патрон снизу вверх из магазина в камеру. И чтобы этот магазин был защищен от истекающих продуктов сгорания. Родилось сразу два новых типа МЗР: с «поршневой» и с «взрывной» зарядкой. В первых образцах обоих типов применялись патроны весом 8—10 г, диаметром 12,5 мм и длиной 50—65 мм. Камеры сгорания были из хромованадиевой стали с толщиной стенки 6,5—9,5 мм.

В схеме с поршневой зарядкой (рис. 10), предложенной Хикманом, использовались, как в пулемете, выходящие газы. После очередного «выстрела» часть газов попадает в трубку, давит на поршень, который, сдвигаясь вниз, позволяет следующему патрону занять место в трубке. После этого возвратная пружина резко выталкивает патрон вверх, в камеру, где его капсюль накальвается на боек. Магазин может иметь емкость в пределах 5—20 патронов, причем можно было поставить 4 магазина, что еще лучше для уравновешения ракеты. Несложное приспособление позволяет забирать патроны в нужной последовательности. С помощью баллистического маятника было обнаружено, что такое устройство уменьшает скорость истечения (она была 1500—1800 м/с) на 4—5%.

МЗР со взрывной зарядкой (рис. 11), имеющая прототипом романскую свечу, по схеме еще проще. Здесь



*Рис. 10. Многозарядная ракета с поршневой зарядкой:
слева — малая с четырьмя магазинами (1917), справа — большая с одним
магазином (1918)*



*Рис. 11. Многозарядная ракета со взрывной зарядкой:
слева — малая (1918), справа — большая (1918)*

вообще нет никакого механизма. К соплу соосно с камерой крепится цилиндрический магазин с последовательно размещенными в нем патронами. Между патронами находятся небольшие заряды черного пороха. С помощью бикфордова шнура заряды воспламеняются в нужной последовательности, и газы выталкивают патроны через сопло в камеру. Удавалось получить частоту взрывов в камере с периодом от 1 до 1,5 с.

Поскольку выяснилось, что точная соосность магазина и камеры вещь не обязательная (патрон «подправляется» за счет конуса сопла), возникла идея использовать несколько магазинных трубок в пучке со спиральным бикфордовым шнуром. Появилась реальная надежда на существенное повышение доли топлива в общем весе ракеты. Позже Годдард добавил в магазин еще небольшую пружину.

После испытания МЗР обеих схем с маленькими патронами были сконструированы аналогичные ракеты несколько больших размеров — под патрон весом 20—30 г. Внутренний диаметр камеры был 43,5 мм при длине 13,7 см, диаметр горла 36 мм. Ракета со взрывной зарядкой с пустым магазином весила при этом 2 кг и имела головку весом 2 кг. Патроны имели диаметр 22 мм и длину 5—7 см. Такие размеры выбраны из соображения, что при тонкой стенке камеры (3,2 мм) давление в ней должно быть снижено. В результате и скорость истечения упала примерно до 1350 м/с. Магази́нная трубка длиной 1,8 м вмещала 25—30 зарядов общим весом около 800 г*. Таким образом, доля топлива, как видим, составляла около 16% при доле головки 42% (т. е. отношение масс 1,2). Согласно оценке Годдарда, такая ракета должна иметь дальность от 1,5 до 8 км. В случае же увеличения запаса топлива — в несколько раз больше.

Были созданы еще две схемы МЗР. Одна с затвором, имеющим секционную резьбу, подобно тому, который описывался ранее. Камера при этом рассчитывалась на высокое давление и скорость истечения около 2100 м/с. Другая — по схеме, предложенной Абботом, — с вращаю-

* В автобиографии Годдард пишет, что в Пасадене при испытаниях МЗР этого типа последовательно сгорало до трех 25-граммовых зарядов.

щейся камерой сгорания (суть схемы нам не совсем понятна). Первая из этих ракет была подготовлена к испытаниям.

Демонстрация ракеты в Абердине

Годдард в этот период, как нам кажется, заметно распылял свои силы. Большое количество одновременно конструируемых ракет при ограниченных силах приводило, совершенно очевидно, к тому, что ни одна из них не была завершена. Иногда он как будто спохватывался и пытался упорно доводить одну из конструкций. Но неудачи вынуждали его вновь браться за другие решения. Вообще-то Годдард отдавал себе отчет в том, что силы и возможности его группы ограничены, что в ней недостает специалистов по многим направлениям. Так, после ЧП в мастерской, когда у Хикмана в руках взорвался динамитный патрон, Годдард стал настойчиво требовать от Аббота найти специалиста по взрывчатым веществам.

Тем не менее еще раз приходится с сожалением констатировать, что сам Годдард в настойчивом стремлении к секретности избегал широких консультаций и тем более привлечения к своей работе крупных специалистов. Прекрасно понимая жестокие законы капиталистической конкуренции, Годдард любой ценой старался сохранить монополию и поэтому в надежде получить средства вынужден был в своих отчетах, так и не создав ни одной законченной конструкции, настойчиво рекламировать возможности ракет. Естественно, возможности военные. Здесь и «легкие траншейные мортиры» с фугасными, зажигательными и газовыми снарядами. Здесь и «орудия большого калибра» (несколько дюймов) со снарядами весом 50 кг и более. Здесь и пехотное ручное оружие (будущие «базуки» второй мировой войны), и противотанковые, и авиационные противосамолетные пушки.

Заметим, что многозарядной ракете в этих планах военного применения ракет Годдард отводил все меньшую и меньшую роль. Появились, по-видимому, первые сомнения в возможности скорого создания работоспособной ее конструкции. Судя по всему, летом 1918 г. ни одна МЗР так и не взлетела в воздух.

В сентябре в Пасадене появились наконец первые инспекторы корпуса связи. Ознакомившись с состоянием

дел (на их глазах однодвумовая ОЗР пролетела около 660 м), они сделали своему начальству предложение об официальной демонстрации ракет Годдарда перед комиссией из представителей управлений вооружений армии и ВМС.

Местом демонстрационных испытаний был выбран артиллерийский испытательный полигон Абердин, неподалеку от Балтимора. Тот самый полигон, который стал знаменитым в конце 1940-х — начале 1950-х годов: на нем испытывались первые в США баллистические ракеты дальнего действия.

В конце октября 1948 г. Годдард покинул Калифорнию и вновь пересек страну, чтобы на несколько недель обосноваться со своими ракетами и помощниками в тесном бараке армейского полигона.

Испытания были назначены на 6 ноября. Годдард составил тщательный план демонстрации. Ему хотелось показать в действии не просто все виды и разновидности конструкций, но и продемонстрировать их различные возможности, а также возможности различных видов пороха, сопел, пусковых труб и взрывчатых веществ. План был рассчитан на вечерний и утренний показы.

Что же мог показать Годдард в итоге своей почти двухлетней работы над твердотопливными ракетами?

Это были так называемые безоткатные пушки (такое название для открытой трубы возникло, очевидно, непосредственно перед демонстрацией) трех типов: две калибром 25,4 мм с вращающимися снарядами весом 570 и 800 г (вес пушки 2,3 кг при длине ствола 1,7 м) и одна калибром 51 мм со снарядом весом 3,9 кг. Всего предполагалось сделать около 25 выстрелов на дальность 350—650 м.

Кроме того, к показу были готовы три орудия «двойного расширения» калибра 45 и 76 мм. Снаряды весили от 1,1 до 7,3 кг. Начальная скорость ракеты при выходе из ствола у этих орудий была около 500 м/с. Одно из орудий было «траншейной мортирой» с переменной дальностью стрельбы от 120 до 300 м (за счет изменения размеров отверстия). Из этих орудий предполагалось также сделать около 25 выстрелов.

Приготовлены были и МЗР с поршневой и взрывной перезарядкой, причем первая — как малого (на 4 патрона), так и большого (на 12 патронов) размера.

Программу показа полностью выполнить не удалось — часть экспертов приехала неожиданно утром 6 ноября и на вечер не осталась. Пришлось сократить программу. Удачно сработали 51-миллиметровая и 76-миллиметровая пушки. Снаряды улетали на расстояние до 680 м, что для 76-миллиметровой было рекордным для Годдарда достижением. Траншейная мортира дала дальность 1050 м, что также было рекордом. Была запущена, правда с трудом, как отметил в своем дневнике за 7 ноября Годдард, и малая МЗР с поршневой подачей. В камере последовательно сгорели три 9-граммовых патрона. Ракета, имевшая начальный вес 2,3 кг, поднялась на высоту 27 м и пролетела около 25 м. Один из офицеров после этого заявил, что он убежден в реальности такой ракеты.

Никаких официальных заявлений после показа сделано не было. Но Годдард почувствовал, что не слишком убедил присутствующих. Особенно в отношении МЗР. Тем более, что ракету с взрывной перезарядкой показать не удалось. Некоторый интерес со стороны авиаторов и моряков возник лишь к безоткатным пушкам.

Между тем через 4 дня после испытаний в Европе было подписано перемирие. Мировая война закончилась. И хотя встречи и переговоры Годдарда с военными продолжались еще несколько лет, интерес к его ракетам у них начал падать.

Годдарда охватила некоторая растерянность. Возвращаться в Пасадену не было смысла. Да и средств на проведение исследований оставалось не так много. 19 ноября в Смитсоновском институте было получено официальное письмо из управления вооружений армии. В нем говорилось, что безоткатная пушка может найти применение в качестве противосамолетного оружия (как теперь сказали бы, класса «воздух-воздух»), что других применений ракеты Годдарда не имеют и что субсидировать работы пока не представляется возможным.

Годдард возвратился в Вустер. В течение еще какого-то времени он вновь пытался увлечь различные военные ведомства своими идеями. Так, уже в ноябре послал начальнику вооружения авиационного ведомства «спецификацию» на 4-дюймовую (калибр 102 мм) безоткатную пушку для самолета-истребителя. Но на этот раз военные не откликнулись на его предложение.

«Метод» издан — метод не работает

Совет попечителей университета продлил Годдарду отпуск с сохранением содержания, и постепенно он снова втянулся в работу. Теперь с помощью Хикмана, а также университетского механика Н. Риффолта он работает в основном только над МЗР.

В конце марта 1919 г. сведения о ракетных исследованиях Годдарда неожиданно проникают в печать. Вустерские, а затем вашингтонские газеты пишут о «страшном оружии», которое создается в Кларковском университете под руководством военного министерства и Смитсоновского института. Пишут, в частности, и о МЗР, поднимающийся, согласно утверждению репортера, на 115 км при начальном весе 13,6 кг.

Годдарда на этот раз огорчает не только факт публикации, но и то, что упомянутые данные по МЗР не были подтверждены в Абердине. А значит, могут возникнуть ответные выступления военных, опровергающих возможности МЗР. В этой ситуации Уэбстер, директор физической лаборатории университета, настаивает на опубликовании Годдардом монографии, которую тот в декабре 1918 г. под новым, уже третьим, названием — «Результаты по методу достижения предельных высот» отправил в Бюро погоды. Годдард обращается к Абботу с предложением опубликовать хотя бы часть «Метода», где доказываются действительные возможности МЗР.

1 апреля 1919 г. он пишет уже упомянутый нами очень краткий доклад «Простой расчет возможностей многозарядного принципа», в котором дает вывод формулы движения ракеты без учета гравитации и сопротивления атмосферы, т. е. формулы Циолковского: $V=2,3c \cdot \log M$, где M — начальная масса ракеты на единицу конечной. И с помощью этой формулы, а также формулы $H=V^2/2g$, доказывает, что МЗР может достичь высоты 115 км при отношении масс не более 6.

Аббот, посоветовавшись с Уолкоттом, сообщил Годдарду, что есть возможность опубликовать монографию в трудах Смитсоновского института. В апреле — мае Годдард пишет комментарии и предисловие к «Методу» и в июне отправляет теперь уже окончательный вариант монографии в институт. В предисловии говорится, что теоретические исследования были проведены автором в

Принстонском университете в 1912—1913 гг. Мы же теперь знаем, что работа началась намного раньше.

26 апреля Годдард делает доклад на конференции Американского физического общества в Вашингтоне. В докладе два раздела: «О высокоскоростных газовых струях применительно к ракетам», в котором приводилось краткое изложение результатов второй части «Метода», и «Приближенное решение общего случая движения ракеты» по первой и третьей частям монографии. С осени, т. е. с нового учебного года, Годдард снова преподает в университете на полной ставке.

«Метод достижения предельных высот» вышел из печати. 7 января 1920 г. Годдард получил 90 авторских экземпляров, а 12-го в бостонской газете — сенсационная заметка под названием «Новая ракета профессора Годдарда может поразить лик Луны!» С этого дня жизнь Годдарда резко изменилась. Десятки писем шли к нему с просьбами о разъяснениях, с предложениями о публикациях и совместном продолжении работ, нередко с торжественным согласием отправиться... «на Луну в Вашей ракете». Известность Годдарда стала в стране едва ли не всеобщей. Не забывали его даже карикатуристы.

А тем временем на средства, оставшиеся от 5-тысячной субсидии 1917 г., шла работа над МЗР. Вскоре выяснились недостатки обеих схем перезарядки. Поршневая схема была чревата повреждениями механизма продуктами сгорания пороха, а взрывная вообще была малонадежной и небезопасной, особенно в связи с дефектами в зарядах. Обе схемы с трудом обеспечивали своевременную подачу патронов. Вера в справедливость общей идеи, однако, по-прежнему не оставляла Годдарда. Уже в апреле 1919 г. была закончена конструкция ракеты с принципиально новой схемой перезарядки.

Схема называлась «инерционной», поскольку для подачи патронов через сопло в камеру использовалась инерция камеры от тягового импульса при сгорании заряда. Центральная осевая труба, располагавшаяся ниже сопла, была теперь не магазином, а каналом для подачи патронов. Цилиндрический магазин располагался вокруг этой трубы. При вспышке заряда верхняя часть ракеты подавалась вперед, а магазины, скользящие по трубе, оставались сзади. Пружинный механизм в нижней части магазина срабатывал и загонял в трубу очередной патрон.

После этого патрон другой пружиной посылался в камеру, где накальвался капсюль. Схема как будто бы гарантировала своевременную подачу только после полного сгорания предыдущего патрона. Механизм и магазин были защищены от газовой струи, что позволяло применять для них простые стали и алюминий. Появлялась возможность повышения скорострельности. Четыре трубчатых магазина позволяли иметь шестьдесят 9-граммовых патронов.

В марте Годдард отправился в Вашингтон к Абботу и попытался убедить его, что МЗР теперь действительно может взлететь, и наверняка выше чем на милю. Единственно, чего не хватает для испытаний,— это средств. И Аббот и Уолкотт искренне хотят помочь, но институт ведь своими средствами не располагает. Поэтому начались поиски источников финансирования.

Последовало снова обращение к военным. На этот раз сначала в бюро вооружений ВМС. Туда Годдард послал проект противолодочной ракетной установки. Представители флота заинтересовались предложением, и в июне с Годдардом был подписан контракт. Но, видимо, этот контракт не давал Годдарду никаких возможностей для работы по МЗР. Поэтому поиски субсидии продолжались. Удалось было заинтересовать ракетами химическую службу армии, которая хотела разработать ОЗР с газовыми баллонами в головной части, с дальностью до 2,7 км. Годдард пытался убедить начальника службы, что МЗР может достичь дальности даже 12 км при меньшем начальном весе. Это сначала вызвало интерес со стороны химслужбы, однако переговоры затянулись и реальных средств получить не удалось*. Аббот устроил Годдарду даже встречу с Александром Беллом, известным американским изобретателем и военным предпринимателем, который задумывал одно время создать скоростное судно с ракетным двигателем. Переговоры, однако, не привели к соглашению.

Были попытки заинтересовать идеей использования МЗР Национальное географическое общество и другие научные учреждения. В апреле 1920 г. в Национальной академии наук Годдард сделал публичный доклад «Возмож-

* По некоторым данным можно предположить, что химслужба армии финансировала Годдарда вплоть до лета 1923 г. [5, р. 496].

ности ракеты в прогнозировании погоды» [23]. В докладе предлагалось применить ракеты для ежедневной и многократной посылки метеоприборов на высоту около 10 км, причем даже в комбинации с аэростатом, наполняемым на этой высоте. Начальный вес МЗР для высоты 10 км, по оценке автора доклада, должен составить 11 кг на 1 кг полезного груза (отношение масс 1,8 при скорости истечения 1700 м/с).

В июне 1920 г. Годдард, ставший теперь профессором университета, послал в ВМС чертежи глубинного противолодочного орудия, а в августе на полигоне бюро вооружения Индиан Хэд (шт. Мэриленд) состоялись экспериментальные испытания небольших 3-дюймовых снарядов с пороховыми зарядами весом от 170 до 315 г. Снаряды развивали скорость не более 50 м/с. Целью испытаний был поиск оптимальной конфигурации пороховых зарядов. В декабре и в марте следующего года эти эксперименты были продолжены*. Однако они уже мало волновали Годдарда.

Нам же интересно знать, чем закончилось дело с многозарядной ракетой.

Специальный отчет о разработке МЗР был послан в Смитсоновский институт в январе 1921 г., однако практических действий оттуда не последовало. Отчаявшись получить новые средства на МЗР со стороны, Годдард в апреле 1921 г. решает обратиться в... свой университет. Просьба его состоит в выделении 5 тыс. долларов на создание опытного экземпляра МЗР. Он уверен, что успешный полет такой ракеты даст необходимые 30—50 тыс. (скажем, от Географического общества) для создания реальной метеоракеты с высотой подъема до 10 км (обратим внимание на более скромную, чем ранее, оценку перспективы). Годдарда в его просьбе активно поддержал директор Смитсоновского института Уолкотт. В письме к президенту университета Атвуду он писал: «Как Годдард меня информировал, он надеется в конце концов быть способным послать многозарядную ракету на много миль в атмосферу или даже возможно совсем за пределы гравитационного притяжения Земли» [5, с. 471]. В мае 1921 г. решением Совета попечителей университета Годдарду были

* Годдард числился в Индиан Хэд оплачиваемым консультантом по ракетному оружию вплоть до 1923 г.

выделены 25 тыс. долларов на разработку МЗР. Весной 1922 г. к ним была добавлена еще 1 тысяча.

Последние же испытания МЗР состоялись за полтора года до этого. 23 октября 1920 г. после четырех рядовых выстрелов 5-й патрон взорвался в подающей трубе.

Четыре года разработок без практических результатов... Может быть, отступить и спокойно заняться преподаванием физики в университете? Нет, это был бы уже не Годдард. Вера в «метод» и в свою звезду не покидала его. Отступить, однако, пришлось, но лишь для того, чтобы начать наступление на новом направлении. Правда, в июле — августе 1922 г. он еще работает с пороховой камерой, добиваясь в ней постоянного давления за счет изменения выходного сечения. В «Отчете о ракетных разработках» (сентябрь 1922 г.) * описывается испытание МЗР в местечке Обурн, под Вустером. В ракете сработали 4 заряда, и она поднялась на высоту 25 м. Судя по тому оптимизму, с которым Годдард описывал эти результаты в автобиографии 1927 г., он еще долго верил в достоинства твердотопливного варианта ракеты.

Итак, в 1921—1922 гг. Годдард прекратил работу над МЗР и сосредоточил свои силы на жидкостной ракете, наивно полагая, что теперь «практически покончено со всевозможными сложными механизмами» [5, p. 483].

* В нашем распоряжении нет этого отчета.

Глава четвертая

Жидкостные ракеты

От идеи к экспериментам

Впервые, как полагают историки техники, схему ракетного летательного аппарата с использованием в качестве источника энергии жидкого топлива (однокомпонентного или с воздухом в качестве окислителя) предложил испанец Ариас в 1872 г. Схему ракетного двигателя на двухкомпонентном жидком топливе первым создал С. С. Неждановский примерно в 1882 г. [168]. Ни тот, ни другой проекты, однако, не были широко известны в течение десятков последующих лет, как и берущийся историками техники под сомнение факт первого испытания жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) в 1895 г. в Париже перуанцем П. Паулетом. Первая по времени публикация идея космической жидкостной ракеты принадлежит К. Э. Циолковскому (1903). Причем Циолковский предложил не просто схему такой ракеты, но впервые дал ее теорию и расчет, а также доказательство возможности с ее помощью достичь межпланетного пространства. Вторая часть этой работы (1911—1912) также в этом отношении на несколько лет опередила все другие публикации.

Летом 1921 г. Годдард начал работать над ракетой с «непрерывным горением», т. е. отправился в путь, который привел его к запуску первой в мире жидкостной ракеты. Путь этот был длинным и тернистым, с обилием, как теперь модно говорить, проб и ошибок.

Напомним, что впервые намек на жидкостную ракету встречается у Годдарда в «зеленой книжке» № 1, в записи, датированной июнем 1907 г.: «...использование водорода и кислорода, обеспечивающих непрерывное горение в ракете...» [5, р. 693]. Уже недвусмысленная запись имеется в книжке № 4 за 9 июня 1909 г.: «Жидкие Н, О, N_2O_4 , C_2H_6 для ракетного движения; охлаждение сопла жидкими

Н и О» [5, р. 13]. Эту дату в автобиографии Годдард считает «первым предложением жидкотопливной ракеты». В той же записи 1909 г. далее говорится: «Вместо того, чтобы брать жидкие Н и О и необходимую для них охлаждающую установку, можно взять — и это будет, вероятно, более выгодным по весу — N_2O_4 [четырехокись азота] и C_2H_6 [этан] под давлением. Обе жидкости подаются вместе через форсунку в виде струи и воспламеняются... В форсунку жидкости могут подаваться таким же способом, как в бензиновых и прочих двигателях» [5, р. 13].

В записи от 11 июня 1909 г. встречаем уже вполне законченную формулировку основного принципа ЖРД: «...непрерывная тяга, создаваемая жидкостями, горящими под давлением» [5, р. 13]. Несомненный интерес представляет запись от 8 мая 1910 г. (см. рис. 4), в которой даны «эскиз водородно-кислородной ракеты с баками, камерой сгорания и соплом; предложения о нагнетании жидкостей и об использовании для этой цели перепада давлений в камере» [5, р. 697]. Эскиз, кстати, напоминает одну из схем ракеты Циолковского — объем, разделенный перегородкой на две части с буквами Н и О, круглая камера сгорания с теплоизоляцией и коническим соплом.

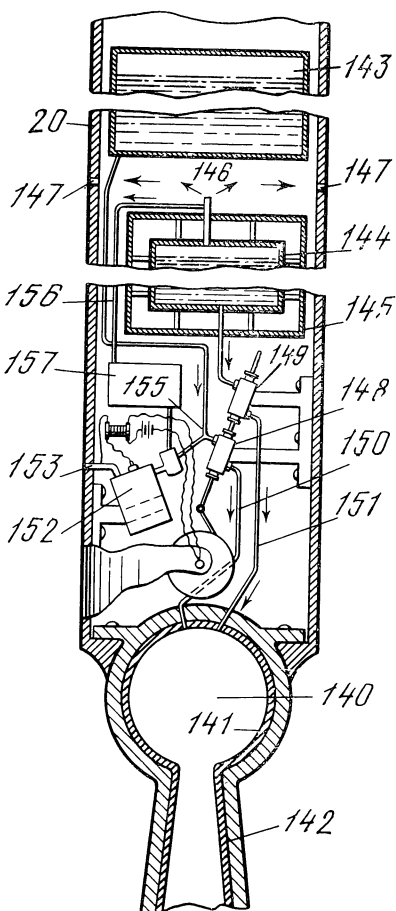


Рис. 12. Схема жидкостной ракеты из патента № 1103503 (фиг. 19), 1914

Теперь вновь вернемся ко второму патенту Годдарда, № 1103503 от 14 июля 1914 г. Как уже говорилось, заключительная часть его посвящена ракете с «непрерывным горением». Схема ракеты («фиг. 19») и текст к ней достойны, чтобы привести их здесь полностью.

«На фиг. 19 [рис. 12] показана модификация, у которой сгорание не прерывистое, а почти непрерывное. На рисунке мною изображена камера сгорания 140, имеющая огнеупорную изоляцию 141 и заднюю выхлопную трубу 142, описанную ранее. Внутри оболочки ракеты мною предусмотрены два бака 143 и 144. В этих баках содержатся материалы, которые после воспламенения создают чрезвычайно быстрое горение. Такой результат может быть получен, например, если бак 143 наполнить бензином, а бак 144 ожиженной закисью азота. Поскольку последняя субстанция является жидкой только при низких температурах, необходимо чтобы бак наполнялся непосредственно перед выстрелом аппарата. Чтобы сохранять низкую температуру закиси азота, бак 144 помещен мною в другой бак 145. Пространство между баками может быть заполнено соответствующим диэлектриком или представлять собой ячеистую вакуумную оболочку, как показано на рисунке. Чтобы избежать опасного повышения давления в этом баке из-за испарения, которое, видимо, неизбежно, мною предусмотрен предохранительный клапан 146, выпускающий газы в атмосферу через отверстия 147 в оболочке 20. Нагнетающие насосы 148 и 149 связаны с соответствующими баками 143 и 144 системой трубопроводов, показанной на рисунке. Выходные трубопроводы 150 и 151 этих насосов связаны с камерой сгорания. Эти нагнетательные насосы могут быть любого типа и могут приводиться в действие любым подходящим механизмом. На рисунке мною показаны поршневые насосы, приводимые общим скользящим стержнем, связанным через кривошип с диском, вращаемым маленьким бензиновым мотором 152. Этот двигатель снабжен обычной выхлопной трубкой 153 и воспламенительным устройством 154. В двигатель подается бензин из бака 143 через трубку 155, а вместо воздуха используется закись азота, подаваемая через трубку 156 и промежуточный бачок 157, расположенный между баком 144 и двигателем. Действие этого устройства, очевидно, не требует описания в деталях. Можно бы указать, однако, что на-

гнетательные насосы 148 и 149 сделаны пропорциональными, чтобы в камеру сгорания 140 все время подавалась соответствующая смесь бензина и закиси азота. У такого рода устройства сгорание непрерывно и движущая сила постоянна» [89].

Конструктивная схема жидкостной ракеты возникла у Годдарда весной 1914 г. Тем не менее вплоть до лета 1921 г. он по существу ни разу не вспоминает ни об этой схеме, ни вообще о жидкостной ракете. Впрочем, в дневнике имеется запись от 8 января 1919 г.: «...рассчитывал массы для водорода и кислорода». Это дало повод редакторам «Материалов» посчитать, что с этого времени Годдард вернулся к жидкостной ракете. Думается, однако, что это не так. Вполне возможно, что Годдард тогда просто пересчитывал некоторые результаты «Метода». Куда больше доказательств тому, что в это время Годдард считал жидкостную ракету малореальной, во всяком случае значительно более сложной, чем многозарядную.

А теперь обратимся к «Первому отчету» в Кларковский университет о работах над жидкостной ракетой (от 1 апреля 1922 г.) [24]. Сравнивая многозарядную ракету с жидкостной, Годдард пишет: «Этот тип ракеты... не так прост, как тип, в котором в камеру сгорания подаются две жидкости. Второй тип... позволяет получить максимально легкую конструкцию и тем самым — максимальный диапазон действия. Эта схема оказалась для автора настолько привлекательной, что было решено отдать ей все понимание» [5, р. 478].

Когда это произошло, «все внимание?» По-видимому, где-то к концу лета 1922 г. * Но первая мысль попробовать с жидкими топливами возникла уже в самом начале предыдущего года. Полтора года! Вот как трудно было совсем отказаться от привычной веры в успех с МЗР.

В дневниковых записях за январь 1921 г. проскальзывает такая деталь: «Из фирмы Линде эйр продактс захватил цилиндр». О чем здесь может идти речь? Дело в том, что упомянутая фирма занималась производством жидкого кислорода (впоследствии Годдард будет пользоваться ее услугами регулярно). Так и есть. Читаем запись за

* В ряде мест Годдард отмечает, что с 1921 г. на средства университета он занимался только жидкостной ракетой, а на оставшиеся средства института продолжал разрабатывать МЗР.

29 января: «Достал кислород...» Надо полагать, речь шла о жидком кислороде, а «цилиндр», вполне возможно, — сосуд Дьюара.

Но пока это только эпизоды. Первый факт, действительно имеющий отношение к началу работ над жидкостной ракетой, это — «весь день конструировал камеру для постоянного давления», — запись от 11 июля 1921 г. За месяц до этого была утверждена субсидия университета в 2,5 тыс. долларов, и Годдард, по-видимому, сразу же занялся жидкими топливами*.

И все-таки весьма любопытно: почему занялся схемой, столь решительно отставленной еще 7 лет назад? Тем более, что этим летом работа над МЗР еще продолжалась. Ключ к ответу дает нам, кажется, другая короткая запись от 7 июля: «...продумывал подачу жидкого черного пороха». Вот, оказывается, в чем дело! Теперь понятно: отчаявшись (пока еще почти) довести механизм перезарядки МЗР, Годдард ищет новое решение этой проблемы. Ищет в самых разных направлениях. А что, если порох подавать в камеру не в виде патронов, а в жидком виде (или полужидком?), с тем чтобы он застывал уже в камере. Механизм подачи — куда проще. Нужен только насос для перекачки... Но если насос, то почему для пороха? Ведь существуют горючие жидкости, куда более эффективные в тепловом отношении. И потом, с жидким порохом все равно камера будет работать в импульсном режиме, а жидкое топливо может подаваться и гореть непрерывно! Впрочем, нет уверенности, что это качество Годдард считал тогда достоинством. И может быть, идея «фиг. 19» в патенте 1914 г. совсем не так нереперальна...

Все это, конечно, только наша модель. Возможно, на самом деле это было совсем не так или не совсем так. Однако, начиная с того самого 11 июля, Годдард с помощью своего нового сотрудника Н. Риффолта интенсивно занят «насосом подачи под низким давлением». Впрочем, если следовать нашей модели, то, возможно, это пока еще насос для подачи пороха (запись от 27 июля: «испытывали нитроглицерин и NH_4NO_3 [нитрат аммония]»). Так

* Позже (примерно с 1928 г.) сам Годдард иногда называл другую дату начала работы с жидкими топливами — 1920 г. [5, р. 640, 723, 1187]. Документально она не подтверждается.

или иначе, но сначала — нитраты, а в сентябре эксперименты с жидким кислородом. Тогда же началось проектирование поршневого насоса для подачи жидкого топлива с приводом (с каким, к сожалению, неизвестно). И тогда же, заметим, возникла идея вытеснить топливо из баков в камеру с помощью сжатого углекислого газа (нейтрален к топливу!) из специального баллона. В ноябре возникает интерес к центробежным насосам для подачи кислорода (делаются расчеты), а в декабре испытывается первый крыльчатый насос. Работает он плохо, часто заклинивает. Лишь однажды удалось получить избыточное давление 0,7 атм при закрытом выходе.

Итак, жидкостная ракетная техника началась с конструирования насосов? Оказывается не совсем так — с простейших экспериментов. Тем же летом, примерно в июле 1921 г., Годдард начинает лабораторные опыты по воспламенению жидких компонентов. Первой топливной парой был эфир и жидкий кислород. Напомним, что в патенте 1914 г. предлагались бензин и закись азота. Трудно сказать, почему внимание Годдарда привлек поначалу летучий эфир, а скажем не спирт (понятно, почему не закись азота — она требует сжижения). Годдард объяснял это тем, что у эфира более низкая температура кипения и теплота испарения, а также выше теплотворная способность. Какую цель ставил тогда перед собой Годдард? Он объяснил это в августе 1923 г. так: «Целью явилось получение экспериментальных результатов, а не представление каких-либо размышлений, которые, как следовало ожидать, не нашли бы поддержки».

Годдард поначалу поставил и решил три экспериментальные задачи: а) убедиться, что существуют пары жидкостей, которые при смешении резко, но без взрыва, выделяют большое количество тепла; б) показать, что количество этого тепла, а значит и давление в камере могут регулироваться; в) убедиться, что горение в камере может быть устойчивым.

Жидкости подавались в стальную цилиндрическую камеру без сопла самотеком из отдельных бачков, а позже — в камеру с соплом — вытеснением компонентов с помощью двуокиси углерода под давлением около 1,1 атм, которая поступала из специального баллона (рис. 13). Эфирокислородная смесь воспламенялась с помощью электрической нити накаливания.

Сгорание, как отметил Годдард, происходило в основном уже за пределами камеры.

Итак, этим временем (июль — август 1921 г.) можно датировать начало работ Годдарда по ЖРД. Первые испытания ЖРД проведены в сентябре 1921 г. [5, р. 522].

Первый ЖРД на стенде

В сентябре же Годдард начал готовить эксперимент по определению тяговых возможностей ЖРД. Стальная камера имела внутреннюю теплоизоляцию — вкладыш из алундума*. К камере привинчивались коническое сопло и головка с двумя штуцерами. Компоненты подавались к штуцерам через запорные краны из сварных бачков. К бачкам, снабженным поплавковыми измерителями уровня, в свою очередь подводились трубопроводы от баллона с двуокисью азота. Давление в бачках замерялось манометром. Бачок для кислорода был снабжен предохранительным клапаном на 17,5 атм и войлочной теплоизоляцией. В топливоподводящих трубах имелись обратные клапаны. Открытие кранов контролировалось дистанционно. Для испытаний (они проводились в помещении) была сколочена рама (со щитом), причем камера и бачки размещались по разные стороны щита. Для замера тяги камера подвешивалась на пружинном динамометре.

Мы так подробно описали эту установку потому, что это был по существу первый у Годдарда испытательный стенд для ЖРД. Но испытания на нем, как нам представляется, не были удачными. В «Дополнительном отчете», представленном в университет 1 августа 1923 г. [26], говорится только, что установка «использовалась», а в «космическом» докладе того же числа, что была «слишком большая теплоемкость аппарата».

Имеется некоторая неопределенность и в отношении времени создания и испытания следующей установки, созданной уже не в университете, а за городом, близ местечка Обурн, в 5 км от Вустера, на ферме кузины Годдарда, «тетушки» Эффи Уорд. Там же в 1922 г. или раньше Годдард испытывал последние образцы МЗР. Ана-

* Алундум (электрокорунд) — термостойкий материал абразивного характера, получаемый переплавкой боксита.

лизируя косвенные данные и даже пытаюсь определить время года по фотоснимкам стенда, мы пришли к заключению, что испытания здесь начались не ранее февраля — марта 1922 г.

Что представлял из себя этот новый стенд, впервые вынесенный из помещения наружу? Основой его служил большой сварной бак — заброшенный бойлер. Это была удачная находка, поскольку не надо было строить укрытия на случай взрыва. Спрятавшись за него, можно было включать краны с близкого расстояния. А для наблюдения за установкой на специально сколоченной раме прикрепили зеркало. Бачки с эфиром и кислородом крепились на доске, которая привинчивалась к бойлеру (рис. 14). Вся кислородная система была покрыта толстым слоем войлока. Камера держалась, по-видимому, только на гибкой пластине (трубки подачи имели планговые соединения). Для определения величины изгиба, соответствующего возникшей «подъемной силе»*, имелась тарированная шкала. Воспламенение топлива осуществлялось электрическим способом от аккумулятора. Баллон с газом располагался за бойлером. Заметим, что и здесь Годдард применил для отвода газов специальную трубу — это позволяло лучше вести наблюдение.

В книге Лемана приводится дневниковая запись Годдарда за 25 марта 1922 г.: «Поехали с Риффолтом на ферму... и испытывали... Получили четыре фунта в короткое время...» [101, р. 129]. В отчете от 1 апреля 1922 г. читаем: «...удовлетворительное сгорание имело место *внутри камеры* и при этом возникла реакция, которая за короткое время создала величину *подъемной силы в 4 фунта*» [6, с 178]. Итак, 25 марта 1922 г. состоялось первое испытание ЖРД с замером тяги.

Но почему-то сам Годдард нигде не называет дату первого испытания ЖРД с замером тяги и вообще не акцентирует внимание на этом факте. Может быть, лишь потому, что тяга была кратковременной и небольшой? (Забегая вперед, отметим совершенно иное отношение его к испытанию жидкостной ракеты 6 декабря 1925 г., когда на стенде ЖРД впервые развил тягу больше веса ракеты.)

* Годдард долгое время вместо понятия «тяга» пользовался величиной «подъемной силы», т. е. избытком тяги над весом камеры (ракеты).

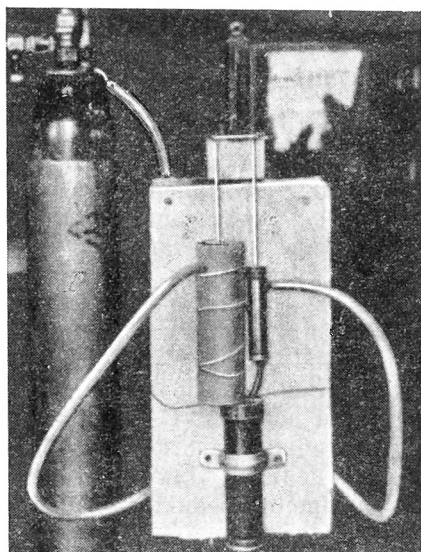


Рис. 13. Установка для изучения процесса горения жидких топлив (1921)

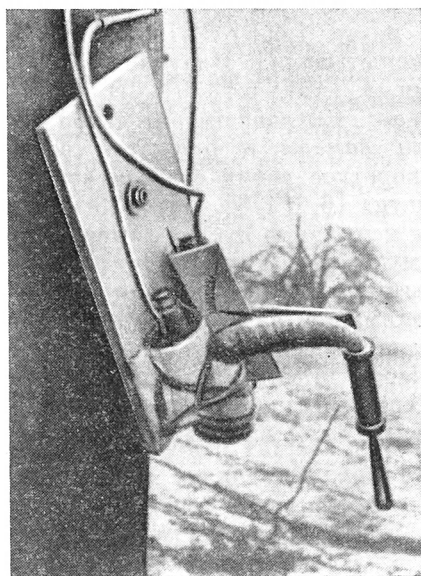


Рис. 14. Экспериментальный ЖРД на испытательном стенде (1922)

В заключение «Первого отчета» Годдард констатирует, что вытеснительная система подачи проще насосной и ее следует применять как в опытах, так и на фактических ракетах. Однако вскоре эта точка зрения была вновь пересмотрена.

На основании более поздних документов удается выяснить, что в этот же период, а точнее с февраля 1922 г., Годдард испытывал еще две схемы ЖРД. Первая — с прерывистой подачей компонентов, осуществляемой за счет действия отдачи камеры сгорания при горении очередной порции топлива, т. е. по существу импульсный ЖРД. Трубки для входа компонентов были приварены к камере и имели на концах поршни, которые скользили в цилиндрах подводящих труб. При движении камеры назад под действием реакции происходило всасывание компонентов во входные трубы. При возврате камеры с помощью пружины на место закрывались клапаны в цилиндрах и топливо вталкивалось в камеру.

Налицо использование одной из схем МЗР в жидкостной технике — типичный пример старого решения на новый лад. Нет сомнения, что Годдард быстро убедился в недостатках этой схемы.

Другая схема — с использованием газообразного кислорода (с тем же жидким эфиром). Для испарения жидкого кислорода в экспериментах применялся змеевик и паяльная лампа, хотя в принципе предполагалось использовать теплоту камеры сгорания. Работы с этой схемой были прекращены в мае, поскольку, как оказалось, кислород все же испарялся не полностью.

На длительное время была прекращена также работа с вытеснительной системой подачи. Почему Годдард отказался от этой куда более простой системы, чем насосная? Уже в мартовских экспериментах «на бойлере» он столкнулся с проблемой соотношения топливных компонентов. При наддуве бачков нужного и устойчивого соотношения добиться не удавалось. Более того, оно просто не было известно. А знать его было необходимо. С целью снижения температуры в камере Годдард решил сначала провести опыты с некоторым избытком горючего. Это нашло отражение в емкостях бачков. Кислородный бачок вмещал 0,24 л, а эфирный — 0,80 л (весовое соотношение при полных объемах — 0,44). Однако в этом случае, как показали эксперименты, процесс горения не успевал за-

вершиться в камере и за соплом было сильное пламя. Кроме того, Годдард понимал, что на реальной ракете баки с высоким давлением наддува окажутся слишком тяжелыми. Наконец, рассуждал он, плотность эфира значительно меньше плотности жидкого кислорода, и поэтому для ракеты, с точки зрения ее общего объема, а значит сопротивления воздуха на траектории, выгоднее иметь на борту больше кислорода. В общем-то это — совершенно верное соображение, однако в то время вряд ли стоило принимать его во внимание.

Короче говоря, с января 1923 г. Годдард, решив перейти на избыток окислителя, занялся разработкой насосной системы подачи.

Хотелось получить давление в камере не менее 100—120 фунтов на 1 дюйм², т. е. 7—8,5 атм. Для этого нужно было поставить насосы на несколько большее давление, легкие, с высоким КПД, устойчивой производительностью и малыми утечками. Особенно трудно этого было добиться для жидкого кислорода, хранимого при температуре —183° С. Другой проблемой было создание приводов (моторов) для насосов. Начальному этапу решения этих проблем посвящен представленный в университет «Второй отчет» о ракетных разработках за год работы [25].

Сначала Годдард попробовал снять характеристики наиболее подходящих промышленных (роторных и шестеренчатых) насосов. Построив специальную испытательную установку, он убедился, что даже лучшие из них слишком тяжелы, имеют очень низкие КПД, требуют большой мощности на единицу расхода жидкости и для установки на ракете не годятся.

Решено было создать насосы собственной конструкции, но не роторные или шестеренчатые (и не крыльчатые), а поршневые. Сначала была применена латунная трубка квадратного сечения с легким поршнем и клапаном. При испытаниях на эфире сразу же удалось добиться приличных характеристик — при 40 ходах в 1 с создавалось давление 7 атм и потреблялась мощность 0,03 л. с. (производительность, к сожалению, неизвестна). Годдард написал в отчете, что если этот насос изготовить из алюминия, то он будет весить лишь 10 г. После испытаний на специальной установке к июлю 1923 г. удалось создать вполне работоспособные насосы как для эфира, так и для жидкого кислорода. Давление эти насосы развивали

не выше 3,5 атм. (При этом решено было перейти на круглую трубку.)

Однако проблема насосов оказалась не единственной. Годдард сразу же столкнулся с необходимостью охладить камеру сгорания. Поначалу, как уже говорилось, в камеру устанавливался вкладыш из алундума. Но, по-видимому, этот способ не дал хорошего результата, и в конце 1922 г. было опробовано внутреннее охлаждение водой, подаваемой еще одним, третьим насосом. Поток воды закручивался в головке камеры с помощью завихрителя и расплывался вдоль ее стенки. Впервые, таким образом, было осуществлено пленочное охлаждение ЖРД. Но эта схема тоже не удовлетворила Годдарда, поскольку оказалась слишком сложной и тяжелой, и в марте 1923 г. он начал испытывать камеру с внешним охлаждением жидким кислородом, т. е. по существу применил регенеративное охлаждение.

Была создана новая испытательная установка. Жидкий кислород с помощью поршневого насоса подавался в нижнюю часть кожуха камеры, который начинался у обреза сопла. Заполнив кожух, кислород переливался через его край в головку камеры. Эфир подавался прямо в камеру другим поршневым насосом через осевое отверстие в головке. Насосы приводились в действие с помощью стационарного электромотора и рычажной системы. Испытания с топливом на этой установке (очевидно, без воспламенения) были проведены 9 марта 1923 г.

Что касается привода насосов для реальной ракеты, то пока, как видно, хороших идей не было. Первоначально предполагалось использовать струю продуктов сгорания, вращая с их помощью турбину. Однако быстро выяснилось, что это неосуществимо. Рассматривался также роторный привод, работающий от отводимой части продуктов сгорания. В феврале 1923 г. была попытка сделать специальный газогенератор на двухкомпонентном топливе, но до испытаний его дело не дошло.

В октябре — ноябре 1923 г. делались попытки огневых испытаний камер и насосов различной конструкции на стенде. Они были малоудачными — поднимать давление подачи и тягу до нужного уровня не удавалось. Насосы часто заклинивало. К примеру, в испытаниях, проведенных 1 ноября, кислородный насос работал 12 и 15 с, создавая давление до 3,5 атм, но бензиновый насос от-

казал и «подъемная сила» не возникла*. Устройство для замера тяги оказалось безработным. Были и другие неприятности — взрывы в трубопроводах и баках, а также, конечно, прогары камеры и сопла. Всего за 5 месяцев, с июня по ноябрь 1923 г., было проведено 16 стендовых испытаний.

С конца 1923 г. Годдард начал постепенно переходить на новое горючее — бензин, и с начала 1925 г. не изменял ему в течение 17 лет. Также верен оказался он избранному с самого начала окислителю — жидкому кислороду. Очевидно, здесь сыграла свою роль сравнительно невысокая стоимость обоих этих компонентов при весьма высокой энергоемкости, а также безопасности в обращении. Правда, с получением достаточного количества кислорода для испытаний у Годдарда иногда были большие трудности. Так, в конце 1923 г. основной его поставщик вустерская фирма Линде продавала лишь по 2 л раз в неделю и по очень высокой цене — 5 долларов за 1 л. Этого хватало лишь на одно короткое испытание.

Ракета не хочет лететь

Интенсивная экспериментальная деятельность Годдарда в этот период проходила в основном в свободное от преподавательской работы время. Будучи с лета 1920 г. профессором на полной ставке (2500 долларов в год), он читал физику для студентов и преподавал в колледже. В 1923 г., после смерти профессора Уэбстера, Годдард был назначен директором физической лаборатории университета.

Весной 1922 г. он был помолвлен, а в июне 1924 г. женился на мисс Эстер Киск, с которой познакомился еще осенью 1919 г. (она была тогда секретарем президента университета и переписывала на машинке монографию Годдарда). В лице своей супруги Годдард на всю жизнь получил верного друга и помощника. После смерти ученого миссис Э. Годдард выполнила большую работу по изучению его научного наследия, была соста-

* В 1936 г. Годдард писал, что 1 ноября 1923 г. ЖРД «работал на испытательной раме ... причем оба компонента подавались насосами» [6, с. 267].

вителем и редактором (совместно с Э. Пендреем) обоих послевоенных изданий материалов Годдарда.

К концу 1923 г. Годдард вновь столкнулся с финансовыми затруднениями. Средства, полученные от университета, были исчерпаны. К тому же постепенно отошел от участия в работах Риффолт. Назревал новый кризис.

Но лучшие качества Годдарда — энергия и настойчивость в достижении цели — не покинули его и на этот раз. Постоянно информируя через Аббота Смитсоновский институт о своих усилиях и достижениях, он всех заражал верой в успех. В конце года Годдард на конференции Американской ассоциации за прогресс науки в Цинциннати (шт. Огайо) сделал доклад «О состоянии дел в создании высотной ракеты». Это было первое и на многие последующие годы единственное публичное выступление Годдарда по теме своих разработок. Доклад произвел на слушателей немалое впечатление и, вполне возможно, способствовал успеху руководителей института в поисках нового источника финансирования.

И такой источник наконец был найден. Нью-Йоркская фирма «Рисёрч» создала в институте фонд Котрелла (по имени жертвователя д-ра Ф. Котрелла). Начиная с января 1924 г. институт стал регулярно выдавать Годдарду средства — обычно по 500 долларов (всего до 1928 г. было выдано 5 тыс. долларов). Было еще несколько планов финансирования — например, та же фирма «Рисёрч» предлагала дать Годдарду широкое «публисити» и привлечь крупные журналы для сбора средств. Но Годдард этот путь категорически отверг. Доверить результаты своих работ кому бы то ни было, кроме руководства института и университета, он не хотел. В отчетах и письмах он неоднократно подчеркивал конфиденциальность сообщаемых им сведений.

Трудно, конечно, в полной мере оценить потери от этой секретности как для самого Годдарда, так и вообще для развития науки и техники. Ограниченный обмен информацией не служил на пользу ни тому, ни другому. Речь, разумеется, не идет о каких-то «фирменных» решениях и изобретениях — на них имеет право до поры любой конструктор. Но Годдард тщательно скрывал сведения вообще о ходе и содержании своих работ, хотя в этом не было никакой необходимости. И потому, быть может, так долго и безуспешно бился он над насосами, приводами,

клапанами, регуляторами и т. д. Кто знает: услышь специалисты-механики о его проблемах, они, возможно, пришли бы ему на помощь. И первая ракета Годдарда появилась бы намного раньше.

Работа над ЖРД продвигалась вперед совсем не так быстро, как надеялся Годдард и как ждали от него в институте. «Очень высокая степень простоты» жидкостной ракеты, в которой уверял Годдард два года назад президента университета, в конце концов обернулась трудностями, не меньшими, чем при создании МЗР. Тем не менее, когда в марте 1924 г. Аббот приехал в Вустер, Годдард заверил его, что до конца года, а может быть еще осенью он непременно осуществит полет ракеты. И трудности его — лишь в отсутствии опытных помощников.

Что увидел в Вустере Аббот? Камеру сгорания с соплом; два одноцилиндровых поршневых насоса для подачи жидкого кислорода и бензина или эфира; привод насосов, работающий на новом принципе — с помощью испаряемого в кожухе камеры кислорода; устройство для регулирования количества этого кислорода с целью изменения давления в камере сгорания; пороховой воспламенитель; дьюары для хранения и транспортировки кислорода и пр. Но в готовом состоянии были по-прежнему только камера и насосы, которые работали, как и прежде, от электромотора. Но снова казалось, что все будет готово вот-вот. У Годдарда с Абботом возник даже спор. Последний полагал, что ракету к полету надо готовить на основе имеющихся узлов. А Годдард доказывал, что всю конструкцию следует переделать, применив алюминий и магний вместо латуни с целью облегчения конструкции. Резюме Аббота было таким: есть надежды на успешный полет ракеты до конца года. Заметим, что под успешным полетом понимался тогда подъем ракеты на обещанные Годдардом 5—10 км. В худшем случае ожидалась высота не менее 1 км. Если бы Годдард и его патрон Аббот знали, что на 1 км их ракета взлетит лишь через 10 лет, а на 5—10 км — никогда!

В апреле, убедившись, что привод на кислороде работает плохо, Годдард решил использовать сжатый воздух. Однако в июле он вновь вернулся к кислороду, но добавил в систему маленький поршневой насос для подачи кислорода в кожух камеры. Провозившись с насосом два

месяца, Годдард вынужден был от него отказаться. Основная причина неудачи, как он не раз сокрушался, — маленький масштаб устройств, но на большую ракету не доставало средств. В то же время, успокаивал себя Годдард, получается некоторый запас «прочности» и с большей ракетой будет легче. В это время, в августе 1924 г., у Годдарда появился новый, очень квалифицированный механик Генри Закс (они работали вместе вплоть до 1931 г.). Дело пошло несколько быстрее.

Следующий шаг — создание новой конструкции основного насоса для подачи кислорода. Насос получил название «одноходовой». Суть этого устройства в достаточной мере не ясна*. По-видимому, это был поршневой насос с длинным и сравнительно медленным ходом поршня (взамен высокоскоростного, с несколькими десятками ходов в 1 с). Взамен же малого насоса появился «вытеснительный цилиндр», работа которого также ни в каких доступных публикациях не описывается (известно только, что управляли им вручную), но который работал как будто удовлетворительно (на рис. 15 в верхней части ракеты).

Таким образом, к ноябрю 1924 г. были отлажены все основные устройства, связанные с подачей кислорода. Почему же жидкостная ракета не была построена сразу после этого?

Как мы уже говорили, Годдард понимал необходимость облегчения механизмов. Ведь все было сделано только из стали и латуни. Едва ли такая ракета смогла бы оторваться от земли. Настоячивые усилия привели к получению магниевых и алюминиевых сплавов. Некоторое время ушло на отработку новой технологии — Годдард лично убедился, что алюминий не паяется, и научился его сваривать. В январе 1925 г. новая конструкция была закончена. К этому времени удалось наладить и снабжение кислородом — теперь Годдард получал его до 4 л в неделю (бак конструируемой ракеты вмещал 3,2 кг, т. е. 2,8 л) по 2 доллара за литр, а позже — даже по 75 центов.

* В нашем распоряжении имеются лишь весьма скудные сведения о сущности разработок Годдарда в 1924—1926 гг. Поэтому о некоторых конструкциях этого периода мы имеем весьма приблизительное представление, или совсем его не имеем.

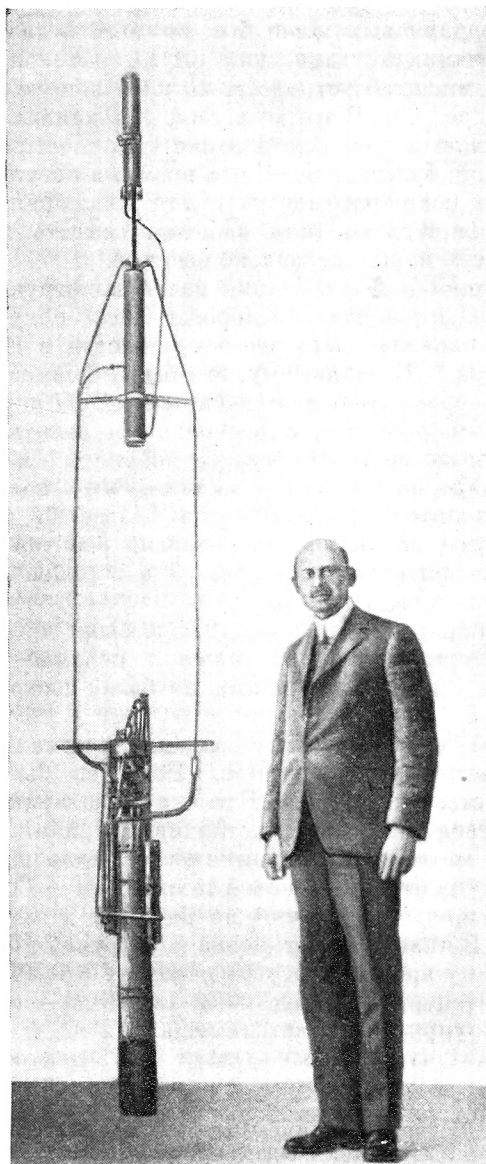


Рис. 15. Р. Годдард у завершенной конструкции ракеты с насосной подачей топлива (1925)

Зима ушла на решение более легкой задачи — создание насоса и регулятора расхода для бензина, а также воспламенителя. Ручное управление насосами было заменено на автоматическое. «Осталось провести несколько испытаний с бензином, прежде чем приступить к установке всех частей [ракеты] на свои окончательные места», — пишет Годдард Абботу 16 марта 1925 г. И Годдард, и институт уверены, что не позже лета первая жидкостная ракета поднимется и достигнет высоты не менее 1 км.

В июне выяснилось, что поднять тягу* двигателя выше 0,9 кг невозможно, поскольку увеличение давления в камере приводило к ее прогару. Таким образом Годдард вновь столкнулся с проблемой охлаждения стенок камеры. И это при наличии кожуха с кислородом и алундумных вкладышей в камере и сопле. Пришлось принимать меры. Какие? Неизвестно, но тягу удалось поднять до 3,6 кг. При этом скорость истечения была всего около 600 м/с. Годдард хотел, однако, иметь тягу не менее 5,5—7 кг (вся ракета без топлива весила тогда около 4,5 кг). Наверное, с грустью вспоминалось тогда Годдарду принятое в «Методе» значение скорости истечения (для пороха!) 2240 м/с. Была и еще одна сложная проблема: пороховой воспламенитель в камере срабатывал с задержкой и это тоже приводило к неприятностям. Мучили также утечки кислорода. Да, все оказалось далеко не так просто.

К концу лета 1925 г. ракета, имевшая длину 3,2 м, была готова. В головной части ее находился вытеснительный цилиндр, затем — камера сгорания с кожухом и внизу система из баков, насосов и приводов. Специальных силовых элементов ракета почти не имела, все держалось на топливопроводах. Ракету установили на специальной испытательной раме в одном из сараев университета. Стенд позволял ракете под действием собственной тяги смещаться вверх на 30 см. При первых испытаниях в августе все работало прилично, но ракета, словно крышка кипящего чайника, лишь подпрыгивала при каждом нагнетающем ходе поршней насоса и садилась на место, когда поршни тащились обратно. Что делать? Выход напрашивался сам собой — поставить еще одну пару насосов, которые работали бы синхронно с первыми, но со сдвигом

* В тексте первоисточника [5, р. 569] стоит «lift» — подъемная сила, но, думается, здесь имеется в виду именно тяга.

на полцикла. Так и было сделано. После этого Годдард решил еще на одно новшество — объединил насосные системы для обоих компонентов в единую спаренную установку с общим приводом.

Ракета в воздухе!

6 декабря 1925 г. наконец-то удалось добиться желанного. Двигатель ракеты работал на стенде в течение 27 с, причем в последние 10 с ракета поднялась до ограничителя стенда. Вес пустой ракеты был 5,4 кг. Давление в камере — 7 атм. «При этом камера и сопло нагрелись равномерно и весьма умеренно, и вся ракета после испытания оказалась в том же состоянии, что и до него» [5, р. 588]. Это было первое в мире успешное огневое испытание жидкостной ракеты на стенде.

Казалось, можно было торжественно возвести ракету на ферму тетюшки Эффи и приглашать гостей на демонстрацию. Но Годдард нашел в себе силы рассудить вполне трезво. Механизм ракеты при таких маленьких ее размерах оказался настолько сложным и малонадежным, что неудача при демонстрации была весьма вероятной. Нет, раз средств на постройку большой ракеты пока не предвидится, необходимо искать другое, более простое и надежное решение.

Годдарду шел уже 43-й год. С начала работы над жидкостной ракетой прошло $4\frac{1}{2}$ года. Столько же лет до того он бился над многозарядной. 9 лет практической работы над «методом», но ничто пока не летает. Есть от чего прийти в отчаяние. Однако Годдард не сдается и принимает, на наш взгляд, мужественное решение: перейти к созданию простейшей ракеты — без охлаждения камеры, без насосов, с вытеснительной подачей. Конечно, это было отступление, но отступление во имя победы.

Три месяца ушло на создание новой ракеты и подготовку ее к пуску. Нет смысла описывать здесь последовательность событий. Отметим только, что поначалу Годдард хотел оба компонента вытеснять из баков сжатым углекислым газом. Но потом решил применить газообразный кислород. Кроме того, Годдард в ходе разработки впервые попробовал улучшить впрыск топлива в камеру,

сделав не по одному входу для каждого компонента, а по четыре.

По некоторым данным, стендовые огневые испытания первого варианта новой ракеты начались уже 30 декабря 1925 г.—двигатель проработал 8 с. В очередном «гоне» 20 января тяга превысила вес ракеты на 2,7 кг, и ракета поднялась на весь диапазон стенда. Первые (неудачные) попытки запустить ракету в полет на ферме были 22 февраля и 6 марта, причем во втором случае камера прогорела у критического сечения, и Годдард решил, что «нижняя часть камеры сгорания должна быть из стали, а не из алюминия» [5, р. 29]. И вот, когда все уже устали ждать, ракета наконец полетела...

Какая же она была, первая жидкостная? Любопытно, что в известных материалах того времени принципиальной схемы первой ракеты нет. Весьма упрощенный рисунок был сделан Годдардом для популярной книги о ракетах Э. Пендрея в 1945 г. [142]. В 1964 г. был выпущен небольшой рекламный буклет Научно-исследовательского центра космических полетов имени Годдарда (НАСА), в котором приводится более точная и, как удалось установить, близкая к масштабной схема первой в мире жидкостной ракеты (рис. 16).

В чем особенность ракеты этой схемы? Кислородный (верхний) бак имел снаружи кожух, а в днище — отверстие с клапаном. Под днищем кожуха находилась небольшая спиртовая горелка в виде алюминиевой чашки. Жидкий кислород, просачиваясь через клапан, попадал в нагретый кожух, испарялся и поступал в верхние части обоих баков, где давил на поплавки, вытесняя таким образом оба компонента через трубопроводы вверх, в камеру сгорания. Цилиндрическая камера сгорания с 8-градусным коническим соплом была взята от прежних моделей, разумеется без кожуха. В головку камеры ввинчен пороховой воспламенитель, который имел отвод, набитый серой от спичек. К камере прямо на питающих трубопроводах подвешена остальная часть конструкции ракеты с коническим экраном в головке для защиты от струи. Разумеется, ракета не имела никаких средств стабилизации. Годдард тогда ошибочно считал, что «носовой тяги» будет вполне достаточно.

Все было очень просто. Несколько сложнее только система запуска ракеты. Для этого был применен назем-

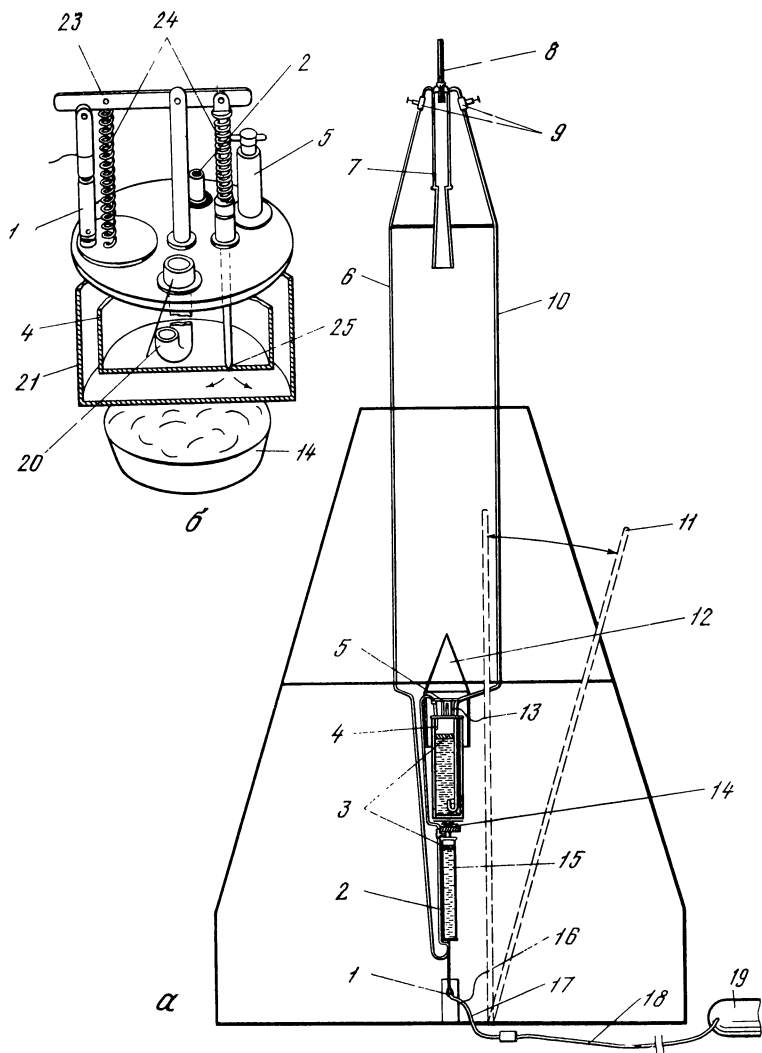


Рис. 16. Схема первой жидкостной ракеты:

a — ракета на пусковой раме: 1 — обратный клапан, 2 — трубопровод наддува газообразным кислородом, 3 — поплавковые клапаны, 4 — бак жидкого кислорода, 5 — предохранительный клапан, 6 — трубопровод бензина, 7 — камера сгорания, 8 — воспламенитель, 9 — игольчатые вентили, 10 — трубопровод жидкого кислорода, 11 — рычаг управления, 12 — экран, 13 —

ный баллон с кислородом под давлением 6,3 атм. Пуск осуществлялся в такой последовательности: с помощью обычной паяльной лампы, укрепленной на длинном шесте, нагревался до загорания серы отвод воспламенителя, затем перекрывался предохранительный клапан бака с жидким кислородом и тут же зажигалась спиртовка; затем открывался кран кислородного баллона, топливо поступало в камеру, двигатель начинал работать и ракета чуть приподнималась на раме. После этого следовала последняя операция: с помощью длинной веревки (из укрытия) дергался откидной шест, который отделял от ракеты кислородный шланг (в штуцере имелся обратный клапан) и одновременно освобождал пружинный рычаг на крышке кислородного бака, открывавший отверстие в клапане для прохода жидкого кислорода в испарительный кожух. Теперь ракете было положено взлететь.

Вес ракеты без топлива составлял 2,6 кг, а в заправленном состоянии 4,65 кг. Таким образом, запас топлива был 2,05 кг. По другим данным, начальный вес ракеты 4,75 кг, вес топлива 2,02 кг (1,68 кг кислород и 0,34 кг бензин, т. е. соотношение компонентов — 5) и, следовательно, сухой вес 2,73 кг. Подсчитаем относительный вес топлива, или коэффициент наполнения. В первом случае он составляет 0,44, во втором — 0,425. Оба значения для ракеты такого масштаба следует признать неплохими. Тяга двигателя нигде не приводится, подсчеты по косвенным данным говорят, что она была чуть выше 4,1 кг.

Конечно, ни по масштабу, ни по внешнему виду эта ракета совершенно не походила на своих великих потомков — мощные современные космические ракеты-носители. Но она была первой их предшественницей... И право же, стоит привести почти целиком дневниковые записи Годдарда о ее первом полете.

корд, 14 — спиртовая горелка, 15 — бак бензина, 16 — корд, 17 — отделяемый стартовый шланг, 18 — трубка, 19 — баллон с кислородом; б — схема пуска и наддува: 20 — подача жидкого кислорода в камеру сгорания, 21 — испарительная камера, 22 — шарнирный рычаг, 23 — рычаг открытия подачи кислорода в испаритель, 24 — пружины рычага, 25 — отверстие для подачи кислорода в испаритель, закрываемое иглой

Итак, 1926 год.

«16 марта. Уехали в Обурн с м-ром Заксом утром. Эстер и м-р Руп* прибыли в час дня. Ракета взлетела в 2 часа 30 мин. Она поднялась на 41 фут [12,5 м] и улетела на расстояние 184 фута [56,1 м] за 2,5 секунды, после чего нижняя половина сопла прогорела. Части ракеты принесли в лабораторию...

17 марта. Вчера на ферме тетушки Эффи в Обурне был осуществлен полет первой ракеты на жидком топливе [рис. 17]. День был ясным и сравнительно спокойным. Анемометр на физической лаборатории вращался довольно лениво, когда мы с м-ром Заксом уходили утром, и точно так же он вращался, когда мы вернулись вечером в половине шестого. Сразу после освобождения ракеты она не взлетела, хотя появилось пламя и равномерный рокот. Через несколько секунд ракета стала подниматься до выхода из рамы медленно, а затем со скоростью экспресса. Потом резко отклонилась влево и, еще имея высокую скорость, ударилась о лед и снег. Когда она взлетела без какого-либо значительного шума и пламени, это показалось почти волшебством, как будто бы она сказала: „Я простояла здесь достаточно долго и, если вы не возражаете, я отправлюсь куда-нибудь в другое место“. Эстер заметила, что, когда ракета стартовала, она была похожа на сказочную фею или на прекрасного танцора... Пожалуй, самым удивительным было отсутствие дыма, не очень шумный рокот и совсем маленькое пламя».

К сожалению, по каким-то причинам не удалось снять на кинолентку полет первой ракеты, хотя миссис Годдард считалась в группе «штатным» фото- и кинооператором.

К тексту записи можно добавить, что ракета взлетела через 20 с после включения двигателя, что средняя скорость полета была около 95 км/ч и что, как писал Годдард позже, «кривизна траектории объясняется тем, что стенка сопла прогорела неравномерно» [6, с. 215] (заметим: в дневнике говорится, что сопло прогорело после падения ракеты). Судя по всему, полет до самого конца проходил с работающим двигателем, и топливо кончилось как раз в момент падения.

Итак, жидкостная ракетная техника стартовала. Интересно в связи с этим вспомнить такой факт. В извест-

* П. Руп, впоследствии доктор, стал ассистентом Годдарда в начале 1926 г. и работал с ним до 1929 г.

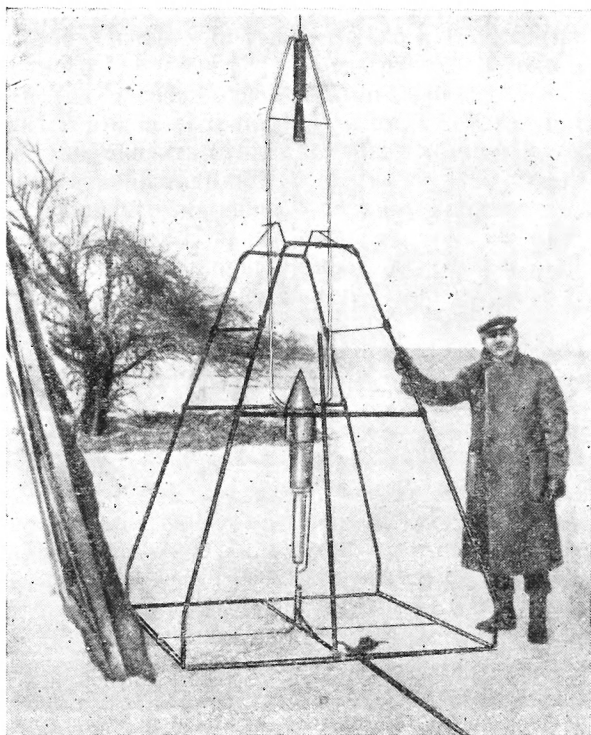


Рис. 17. Р. Годдард у пусковой рамы с первой жидкостной ракетой (март 1926)

ном письме Г. Оберта к К. Э. Циолковскому (октябрь 1929 г.) говорилось: «Мне наконец удалось сконструировать бензиновое сопло. Оно горит превосходно... До сих пор старания сконструировать годную ракету не приводили к результату... Теперь, однако, дорога к исследованию мировых пространств реактивными приборами кажется открытой». Если удачу первых экспериментов Оберта в 1929 г. с ЖРД считать столь значительной, то «дорогу» открыл все же Годдард в марте 1926 г. Однако, если быть еще точнее, то истинную дорогу в космос проложили советские ученые во главе с С. П. Королевым в 1957 г.

Первый свой настоящий успех сам Годдард считал недостаточно убедительным, чтобы привлечь к разработ-

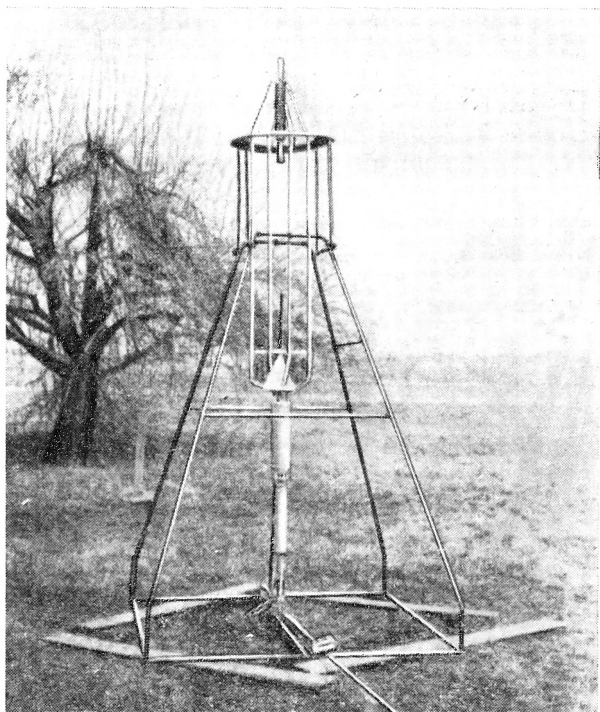


Рис. 18. Вторая жидкостная ракета Р. Годдарда (апрель 1926)

кам большие средства. Он сравнивал его с первыми полетами на самолете братьев Райт и находил много общего. И у них первый полет в 1903 г. был удручающе коротким — 12 с и 30 м. Но даже через два года, когда они летали десятки минут, это не принесло им в США ни признания, ни средств. Не исключено, что этот факт сильно влиял на Годдарда. Так или иначе, но и на следующие попытки запуска ракет Годдард никого не приглашал. Более того, краткий отчет о первом полете он послал в Смитсоновский институт только 5 мая.

Первая жидкостная ракета действительно не сделала погоды во вновь открытой области. Сообщение о ее полете даже не попало в прессу. Здесь мы снова сталкиваемся с фактом истории техники, который только объективно является началом нового направления, но, не будучи достоянием научной общественности в свое время, по существу

таковым не оказался. Более того, о факте полета первой жидкостной ракеты мир узнал только в 1936 г. (из публикации самого Годдарда [2]), когда ракетная техника в ряде стран (да и сам Годдард) были уже далеко впереди. Приходится признать, таким образом, что сам по себе этот факт не смог оказать существенного влияния на развитие мировой ракетной техники.

Довольный все же своим успехом, Годдард ни дня не почивал на лаврах. Вторая ракета взлетела уже 3 апреля. Причем она была несколько иной конструкции (рис. 18) — подача топлива к головке камеры осуществлялась через 4 трубопровода. Это улучшило не только впрыск и охлаждение, но и уравнило конструкцию всей ракеты. На этот раз полет продолжался 4,5 с и ракета упала в 15 м от пусковой фермы.

Следующая модификация ракеты имела несколько принципиальных новшеств: камера сгорания была установлена в хвосте ракеты (компоновка приобрела теперь «нормальный» с современной точки зрения вид, недоставало только обшивки); в камере устроены пластинчатые завихрители для лучшего перемешивания топлива, весовое соотношение кислорода и бензина, как нам удалось подсчитать, было уменьшено с 5 до 2,2 (явное стремление снизить температуру в камере); на пусковую ферму была установлена вертикальная трубчатая направляющая высотой около 3 м с целью стабилизации ракеты при разгоне. Судя по фотографии (рис. 19), сопло было значительно короче и с большим углом конусности. Попытки запустить третью ракету 4 и 5 мая не удалась — она поднялась лишь на $\frac{1}{3}$ м, после чего сопло прогорело.

«Большая ракета»

Упомянутый ранее доклад д-ру Абботу от 5 мая 1926 г. содержал важные мысли по поводу дальнейшего плана разработок. Конечно, рассуждал Годдард, за 3—5 недель (и за 500 долларов) теперь можно было бы построить новую, несколько увеличенную ракету последней схемы (с повышенным отношением тяги к весу) и продемонстрировать ее потенциальным кредиторам. Но имеет ли смысл масштабно развивать столь простую схему, у которой так мало перспектив для достижения больших высот, ведь баки у нее получатся слишком тяжелыми, по-

сколькo вытеснительная система подачи требует высокой прочности. Самое правильное решение — начать строить более крупную и более совершенную ракету, которая смогла бы всех убедить в достоинствах «метода».

В чем дело? Почему Годдард решил отказаться от принципа постепенности и перепрыгнуть сразу через несколько ступеней? Конец письма Абботу раскрывает смысл такого решения. К этому времени Годдарда уже не на шутку беспокоил интерес к ракетной технике, который быстро рос в Германии после выхода там в 1923 г.

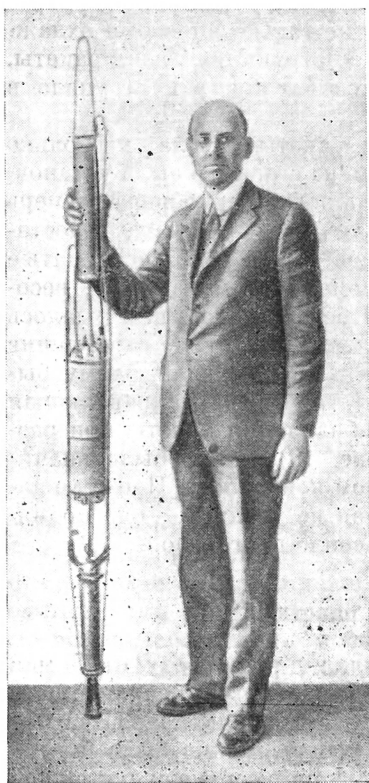


Рис. 19. Ракета приобретает нормальную компоновку (модификация второй ракеты, май 1926)

книги Оберта («Почти каждый день я получаю послания из Германии с просьбами о присылке информации и сообщении конкретных деталей» [6, с. 216]). Зная хватку немецких военных промышленников, Годдард не без оснований опасался утери своего приоритета. В его стране, как мы видим, каждая сотня долларов на исследования давалась с трудом. С еще большей решимостью он просит, почти требует у Аббота держать результаты разработок в секрете.

Итак, в мае Годдард принимает решение, в котором он потом будет раскаиваться, — построить «большую ракету». На это ему необходимо 8—12 месяцев и 2,5 тыс. долларов. Аббот вновь поддерживает Годдарда, хотя высказывает соображение, что для получения таких средств необходимо было бы убедить определенные лица в возможности «коммерче-

ской эксплуатации» будущей ракеты. Позиция Годдарда вызывает здесь уважение — никакой спекуляции на коммерческих возможностях ракеты он не допускает, только «очень важное научное применение» [5, р. 591].

Не дожидаясь окончательного решения, Годдард приступает к делу. Уже через месяц вырисовалась схема и масштаб новой ракеты. Откуда-то взялась цифра 20 — «в двадцать раз больше, чем самая первая ракета». Что больше? Размеры? Камера сгорания? Вес конструкции? В какой-то момент казалось, что это запас топлива. Вместо 2 кг — 40! Но тогда вся ракета весила бы менее 70 кг. Не так уж и много. В конце концов «коэффициент» 20 конкретизировался — по начальному весу: вместо 4,75 кг около 95. Это был бы существенный масштабный скачок.

Как мы понимаем, первая мысль была — применить насосную систему подачи. Только это могло существенно облегчить баки. А главное, в полной мере реализовать схему патента 1914 г. Тем более, что система «насосы—привод двойного действия» была отработана еще в 1925 г. Но промучившись два месяца с этими насосами, Годдард вдруг усомнился в реальности их создания и вновь вернулся к более простой, вытеснительной системе подачи. Причем общую схему скомбинировал из ранних конструкций — наземный баллон с CO_2 для запуска, газификация жидкого кислорода в кожухе камеры сгорания, поплавки в баках. Давление наддува — 7—9 атм. При таком давлении прочность, а значит вес баков должны быть умеренными.

Чем же была тогда плоха вытеснительная подача? По мнению Годдарда, неопределенностью расходов компонентов, неустойчивостью их соотношения. Но решить эту задачу значительно легче, чем мучиться с насосами. Нужно лишь создать надежные регуляторы расхода компонентов. Но какого рода? Идея пришла в голову Годдарда совершенно неожиданно, когда он ехал в университет в собственном автомобиле. Увидев, как регулировщик на площади умело пропускает равномерные потоки машин во всех направлениях, он вдруг понял: необходимо добиться постоянных расходов компонентов независимо от давления на входе. Очень быстро, с испытаниями на воде, удалось создать дроссельный регулятор с применением трубки Вентури, поток через который менялся не более чем на 1% при давлении на входе от 1 до 4 атм. При этом

специальное устройство исключало влияние дроссельного сопротивления.

С другими элементами ракеты, казалось, особых проблем не возникнет. Довольно быстро из пружинной листовой стали были спаяны камера сгорания диаметром 20 см и баки. Не доставила особых хлопот и система питающих трубопроводов, которые выполнялись из латуни и припаивались к камере (входов было по несколько на каждый компонент) медным припоем. Герметичность пайки проверялась — как в авиации — с помощью сигаретного дыма и мыльной воды. Силовой каркас ракеты — 4 стальных трубы, которые крепились через стальные кольца прямо к бакам и камере. Возникли, правда, хлопоты с клапанами системы подачи, в том числе гарантирующими от взрыва паров бензина после опорожнения бака. Вообще говоря, как и в предыдущих случаях, получить доскональное представление о системе регулирования ракеты на основе существующих материалов не удастся. Известно, например, что в системе нашли широкое применение сильфоны (мембранные коробки).

При конструировании ракеты большого масштаба вскоре возникло понимание того, что летные испытания не имеет смысла начинать, пока каждый элемент не будет отработан в лаборатории до приемлемой надежности. Риск был теперь весьма дорогим.

1 июля 1926 г., после того как Годдард представил полную смету на разработку, институт утвердил ассигнования. Смета предполагала затраты 1050 долларов (6 мес) на изготовление и лабораторные испытания узлов, 580 долларов (3 мес) на испытания собранной ракеты на стенде, 505 долларов (2 мес) на летные испытания (при необходимости — неоднократные, с использованием на ракете посадочного парашюта) и 320 долларов (1 мес) на постройку и испытания окончательного варианта ракеты. Итого 2455 долларов на 1 год. На эти средства предполагалось создать 1—2 ракеты, как сейчас сказали бы «многооразового применения», и некоторую сумму оставить в резерве.

К зиме ракета в основном была готова (рис. 20). В поисках испытательного полигона снова выручила тетюшка Эффи. Она предложила Годдарду использовать заброшенную ветряную мельницу на своей ферме в Обурне. Мельницу Годдард разобрал и на ее месте соорудил

дил металлическую ферменную башню высотой 18 м с пружинным устройством и противовесами для замера тяги (замерялся избыток тяги над весом, т. е. «подъемная сила»). Для доставки ракеты на ферму (ее при каждом испытании приходилось монтировать и демонтировать) был сконструирован специальный прицеп к автомобилю.

Возникли еще две проблемы. Первая мучила Годдарда еще в ходе предыдущих испытаний. Как лучше и безопасней осуществлять пуск ракеты? Последовательность операций довольно сложна: нужно сначала включить подачу кислорода в кожух камеры, затем, выждав секунд 15—20 пока поднимется давление в баках, включить воспламенитель, после этого снова подождать, пока тяга не станет достаточной, и уже теперь «отпустить» ракету. Все операции выполнялись с помощью системы шнуров и рычагов. Система эта получила странное название «лошадь».

Другая проблема раньше почти не волновала, но теперь в связи с размером ракеты приобрела новое звучание. Однажды ночью, лежа в постели и мучаясь бессонницей, Годдард представил себе, как взлетает его детище, и с ужасом «увидел», что, покинув башню, «гигант» заваливается на бок и с работающей камерой врезается в землю. Этого допустить нельзя — слишком дорогое удовольствие! Вспомнилась работа над стабилизацией пороховых однозарядных ракет. Надо придать ракете вращение вокруг продольной оси. Но как? Спираль в сопле уже не сделать. Возникает идея раскрутки ракеты перед пуском, еще в направляющих башни.

На башне был установлен кольцевой стол, на который опиралась ракета в своей средней части и который приводился во вращение с помощью системы блоков и грузов. Этот же стол освобождал ракету перед отрывом.

В ноябре на полигоне побывал Аббот. «Все это — высший класс!» — констатировал он, и очередной чек на 500 долларов не заставил себя ждать.

В январе 1927 г., который выдался снежным и ветреным, все было готово к испытаниям (точно по плану!). Последней была отработана парашютная система приземления, которая должна сработать в верхней точке траектории ракеты. С 18 января начались попытки включения двигателя ракеты в башне. В случае успешной работы двигателя было решено тут же запустить ракету в полет.

Но непрерывные отказы, неисправности и прочие помехи, сильный ветер и снежные заносы не позволили получить даже надежду на удачный взлет «гиганта».

А тут еще письмо от Аббота — не худо, мол, было бы приурочить первый полет к торжественной конференции института 11 февраля. Событие это в жизни смитсоновцев весьма значительное — будет сам президент США Кулидж, министры, бизнесмены. Д-р Аббот был бы счастлив доложить на конференции об успехе Годдарда. Все-таки это вполне заменило бы привычные на торжествах фейерверки. Фейерверк из одной ракеты, но зато какой!

И Годдард был бы рад успеть, но, увы, вскоре стало ясно, что «фейерверк» не состоится. Проблемы, проблемы... Не ладилось с кольцом раскрутки, путались шнуры у «лошади», а главное — никак не запускался двигатель. Он дымил, пытел, шипел, но тягу давать отказывался. То не выдерживала пайка, то не срабатывал воспламенитель, то не поднималось давление в баках. Пришлось установить на ракету насос для нагнетания жидкого кислорода в кожух камеры. Насос был взят от ракеты 1925 г. Был добавлен также сильфон для включения подачи окислителя в камеру после достижения нужного давления в баке.

Наступила весна, получены последние 500 долларов, а ракета никак не хочет лететь. 3 мая поначалу казалось, что все идет отлично. Стол раскрутился, и тяга поднялась достаточно, чтобы отпустить ракету, но... вдруг кончился кислород и вдруг лопнул бензиновый бак. Ракета на старте весила около 70 кг при весе конструкции около 32 кг (относительный вес топлива — 0,45). Тяга была около 90 кг, т. е. на 20 кг больше начального веса.

Эта неудача подействовала удручающе на всех, кроме самого Годдарда. В конце концов ведь все работало нормально, ракета и стенд выдержали эту сумасшедшую тягу в 200 фунтов. И всего-то нужно — заварить бак и поставить в него предохранительный клапан. И еще добавить в «лошадь» управление остановом подачи топлива.

Пришло лето. 20 июля: «Насос не развил нужного давления, управляющие шнуры запутались, камера прогорела посередине» [5, р. 620]. В последний раз «гигант» испытывался 31 августа. На ракету был установлен баллон со сжатым кислородом для создания пускового давления. Все опять шло неплохо, камера хотя и толчками,

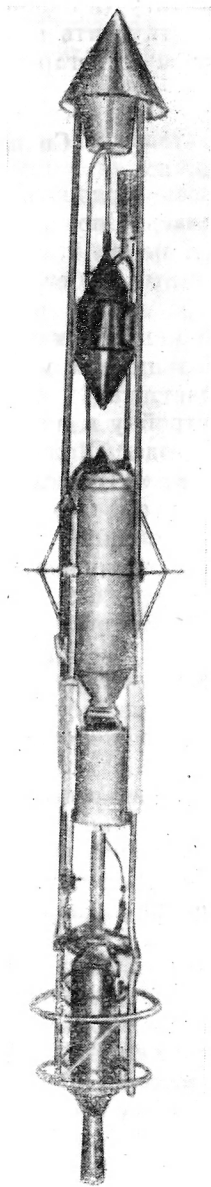
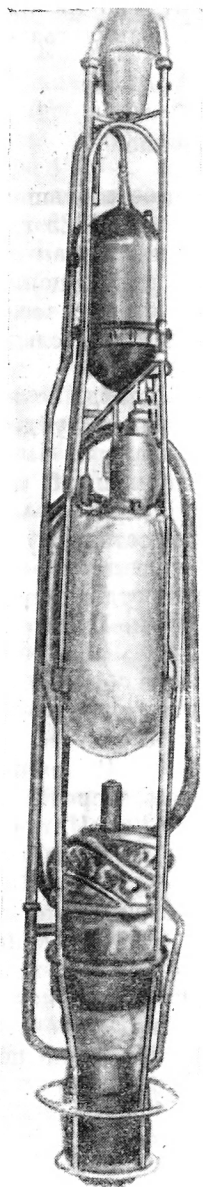


Рис. 20. «Большая ракета» (1927) Рис. 21. «Средняя ракета» (1928)

но развила тягу (в какой-то момент — до 135 кг), Годдард хотел уже отпустить ракету, но... рванул газ из верхней части камеры — прогар головки.

Снова отступление

Пришлось признать поражение — «большая ракета» не получилась. Вновь, как и в декабре 1925 г., — отступление. Нет, не на исходные позиции, а, так сказать, на промежуточные рубежи. Принимается решение: создать «среднюю ракету» — новую конструкцию с весом примерно в 5 раз меньше, чем у «гиганта» (и, следовательно, в 4 раза больше, чем у ракет 1926 г.).

Кто знает, как поступил бы Годдард, если бы знал, что на постройку и доводку новой ракеты уйдет без двух месяцев 2 года? Может быть, продолжал бы трудиться над «большой». И в случае успеха масштаб всех его последующих ракет был бы намного больше. А может быть, так и не добившись успеха, вообще оставил бы ракетную технику... Но это предположение уже совсем неправдоподобное. Годдард был человеком на удивление постоянным и верным своим привязанностям. И потому он продолжал идти к своей цели.

Поначалу дело пошло, как всегда, быстро. В течение месяца изготовлена новая камера и спиртовая горелка, к которой было решено вернуться. Вместо «лошади» — двухрычажное управляющее устройство. В конце октября 1927 г. — первое огневое испытание «средней ракеты» (рис. 21) весом конструкции около 12 кг. Пятая попытка в декабре дала кое-какие результаты. Давление в баках поднималось до 2,1 атм. (предполагалось, как и ранее, 7 атм) и тяга — до 23 кг. Проблема доработки ракеты, по мнению Годдарда, сводилась лишь к регулированию давления в баках.

Закончился 1927 г., единственный в период с 1926 по 1938 г., когда Годдард не запустил ни одной ракеты (если не считать 1933—1934 гг., когда такие попытки не предпринимались). Выделенные Годдарду средства кончились, и он вынужден был снова обратиться в институт: необходимо еще 5 мес и 750 долларов. Терпению Аббота *

* В феврале 1928 г. Чарлз Аббот стал директором Смитсоновского института вместо скончавшегося за год до того д-ра К. Уолкотта.

в этот период (как и не раз до того) приходится только удивляться — он вновь «добывает» для Годдарда требуемую сумму. Кстати, и зарплата директора физической лаборатории университета с 1928 г. была повышена до 4 тыс. долларов в год.

Но ракета по-прежнему отказывалась взлетать. Однажды, в январе 1928 г., когда этого никто не ожидал, «подъемная сила» вдруг возросла до 10—12 кг и можно было пускать ракету, но запутался трос управления столом раскрутки. Желанные 7 атм и даже более (до 14 атм) в баках получались, но на это уходило так много времени, что на подъем уже не оставалось окислителя. Пришлось, как и на «большую ракету», установить «аккумулятор давления» — кислородный баллончик, который до старта подпитывался от наземного баллона. Как видим, сохранялась верность принципам первой ракеты.

Но дальше, вопреки ожиданиям, дело опять пошло худо. Неудачи вновь следовали одна за другой. То ставший уже привычным (хотя всегда неожиданный) прогар камеры, то ошибка в управлении пуском, то взрыв кислородного бака, и тогда — почти все сначала. А то вдруг выяснилось, что грешат поставщики жидкого кислорода — в нем оказывалось много азота (т. е. по существу заливался жидкий воздух)...

Да, жидкостная ракета только по принципиальной схеме казалась простой штукой («котел» с узким горлышком да две «банки» с жидкостями, как шутили в группе Годдарда). На самом деле — сложнейшая вещь. Хотя сложность эта тоже в общем-то легко объяснима. Все дело в высокой теплonaпряженности протекающего в камере процесса, который стал достаточно ясен ученым лишь через много лет после создания уже весьма крупных жидкостных ракет. Условия работы камеры оказались настолько необычны для техники, что при создании первых ЖРД не было никакого предшествовавшего опыта. Твердотопливные ракеты того времени оказались сродни жидкостным лишь при самом грубом подходе. По существу же — это совершенно разные технические направления.

В XX в. возникло совсем не много новых отраслей техники, которые вот так же создавались «из ничего», быть может, только атомная и электронно-вычислительная техника. Годдард начинал работу в жидкостно-ракетной технике, все время испытывая груз ограниченности средств,

и потому не знал — прекрасное неведение! — всех тех чисто технических трудностей, которые ждут его впереди. А впереди, скажем, забегая вперед, его ждала новая сложнейшая проблема ракетной техники — управление ракетой в полете.

В июне Годдард вновь отправился в Смитсоновский институт. На этот раз он вез с собой кинофильм о стендовых испытаниях «средней» ракеты. Фильм произвел сильное впечатление — все увидели, что маленький коллектив Годдарда ведет серьезную, кропотливую и небезопасную работу.

Новая субсидия (1500 долларов) позволила ему наконец нанять ночного сторожа, а значит прекратить ежедневный демонтаж ракеты в башне.

По возвращении из Вашингтона — новая попытка запустить ракету. Все работало «ОК» (так Годдард записывает в дневнике оценку «о'кей!»), но в самом начале подъема ракета сдвинулась в сторону и застряла в направляющих.

Удивительный все-таки он был человек — Роберт Годдард. Мужество, терпение и способность размышлять не покидали его и в трудные минуты. Вот и теперь он ищет и находит поистине неожиданный путь. В напье бы время сказали: это было чисто психологический ход. Оставить до поры непослушную ракету и начать строить новую на той же конструктивной основе, но с совершенно иной компоновкой. А главное — без раскрутки перед пуском. В полной мере этот шаг нельзя было бы назвать новым отступлением: разработка предыдущей модели не прекращалась, а лишь откладывалась. Конечно, она рано или поздно взлетела бы, эта ракета. Но слишком уж утомительно день за днем ремонтировать и улучшать одни и те же узлы и детали. Необходимо от них «отдохнуть».

Итак, в июле 1928 г. Годдард начал конструирование жидкостной ракеты шестой модели — с условным названием «криолин». Нечто сходное с каркасом старинных платьев в очертаниях этой ракеты действительно было (рис. 22). Камера сгорания (вместе с бензиновым баком) располагалась впереди, намного выше двух баков с кислородом, и связывалась с ними двумя трубопроводами и двумя силовыми стержнями, скрепленными обручем. Получилась как бы призма. Длина ракеты — почти 4,5 м при стартовом весе 12,9 кг.

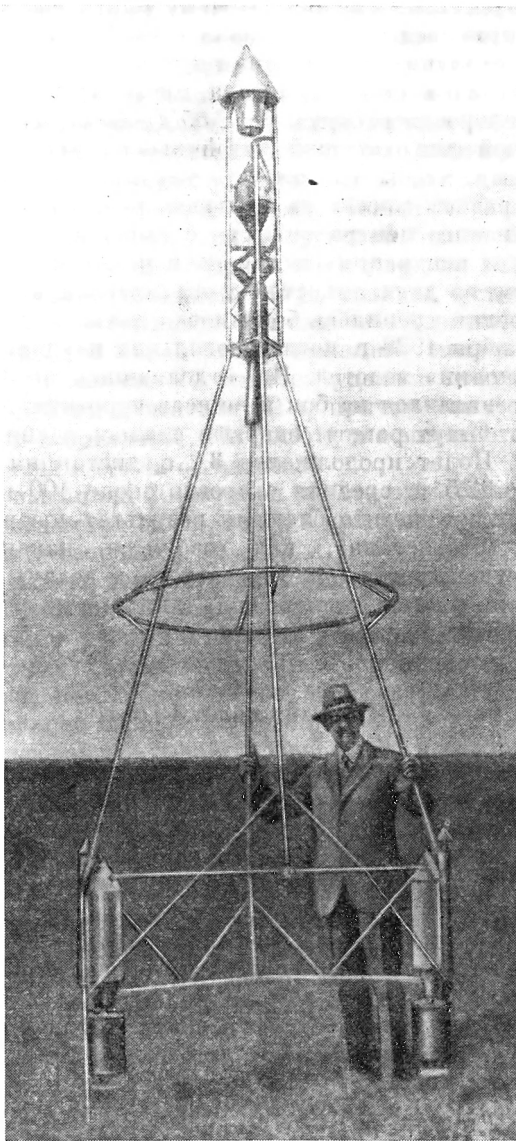


Рис. 22. Ракета «кринолин» (1928)

Почему такое решение? Почему опять возврат к «головной тяге», ведь Годдард знал о ее бесполезности? Но что было делать — стабилизация вращением явно не получалась, отладка стола принесла много хлопот, да и доступная скорость раскрутки (4 об/с) была все равно недостаточной для хорошей устойчивости ракеты в полете. Поэтому, чтобы как-нибудь улучшить устойчивость, Годдард разнес массы на большое расстояние, получив эффект низкого центра тяжести с высоким центром давления. Для испарения кислорода в целях наддува баков к каждому из двух емкостей с окислителем вместо спиртовой горелки крепилась бензиновая печка.

26 декабря 1928 г. после нескольких неудачных попыток «кринолин» взлетел. Но, отделившись от фермы, он сразу же завалился на бок и, описав короткую дугу, упал на землю. Старт ракеты впервые удалось заснять на фотопленку. Полет продолжался 3,2 с, дистанция была рекордной — 62,5 м, средняя скорость около 100 км/ч. Годдарда этот в общем-то бледный результат совершенно не огорчил: «статистика», как говорится, накапливалась. Все-таки уже третья ракета взлетела в воздух. И кроме того, теперь можно считать испытанными не одну, а две компоновочные схемы.

«Шумный» полет 1929 г.

Еще до этого полета Годдард начал заниматься важным усовершенствованием ЖРД. Как мы знаем, после «большой ракеты» было решено отказаться от испарительного кожуха у камеры. Но как же ее тогда охлаждать? Годдард вновь возвращается к внутреннему охлаждению, только уже не водой, как было в 1922 г., а бензином. При этом он отказывается от завихрителя. Для создания пристеночной пленки вход горючего делается по отношению к корпусу камеры не осевым, а тангенциальным. В результате струя бензина хорошо изолирует стенку от зоны горения. Годдард назвал этот метод охлаждения «завесным»*. Такое охлаждение позволило сделать камеру тонкостенной и, следовательно, облегчить ее.

* Получивший распространение в практике ракетостроения 50-х годов, этот метод назывался «плечочным».

При этом вновь был осуществлен переход на работу с избытком горючего (соотношение, к сожалению, неизвестно, но примерно 0,8). Кроме того, модифицирован воспламенитель, с которым было так много неприятностей (прогары головки в стыке). Теперь после начала горения воспламенитель «выплывался» через сопло наружу.

Для испытаний нового метода охлаждения в октябре была построена еще одна ракета «больших размеров» и установлена для испытаний в пусковой башне без стола раскрутки. (По какой-то причине Годдард не хотел заниматься отдельной доводкой ЖРД, скажем, установив на стенде емкости с топливом. Он сам себе усложнял жизнь, однако оставался верен этому принципу вплоть до 40-х годов.) Уже в запуске 10 октября удалось получить длительность работы двигателя 50 с, причем «ничто не прогорело и не взорвалось». Не было даже заметного покраснения камеры и сопла от нагрева.

При испытаниях 20 октября ракета чуть было не взлетела, но из-за ветра опять, как и в июле, застряла в башне. Бак горючего взорвался.

После полета ракеты «кринолин» в институте немного приободрились и к работам Годдарда опять было привлечено внимание ученых из других учреждений. Но Годдард неохотно идет на контакты. Вновь возникает вопрос о публикации, но Годдард снова отказывается. Очередные 5 тыс. долларов были ассигнованы в январе 1929 г. Годдард тут же разрабатывает новый план, в который включает создание ракеты, близкой по конструкции к основной («средней»), но с несколько увеличенными размерами. Ракета должна нести приборы для замеров на высоте около 1,5 км.

В ту зиму Годдард много времени уделяет гироскопической системе стабилизации ракеты, но до результатов еще далеко. Одновременно продолжается подготовка к запуску «большой» ракеты. Теперь вместе с ним, кроме Закса, работают студент университета Л. Мансур и брат жены, А. Киск.

При испытании 19 июня 1929 г., согласно письму Годдарда Абботу, «большая» ракета имела запас топлива 45,4 кг при весе камеры с баками 10 кг. Судя по тому, что коэффициент наполнения получается при этом слишком хорошим — 0,82, возможно, здесь какая-то ошибка. Там же говорится, что тяга двигателя достигала 135 кг при непол-

ном давлении в баках. Поднять давление не удалось — взорвался кислородный бак (прочность стали оказалась явно недостаточной).

Тем временем к полету готовилась новая ракета (рис. 23). По компоновке и размерам она в основном повторяла «среднюю». Но поскольку стола раскрутки теперь не было, то пришлось прикрепить к камере сгорания четыре плоских алюминиевых стабилизатора. И, кроме того, для лучшей стабилизации существенно удлинить пусковую башню — с 5 до 18,3 м, укрепив в ней 3 стержневых направляющих. Несмотря на огромное количество упоминаний в литературе о полете этой ракеты, достаточных сведений о ее устройстве и характеристиках нет. Та же, по-видимому, спиртовая горелка и тот же наземный баллон с O_2 для пуска, по всей вероятности тангенциальный впрыск горючего. Длина ракеты 3,5 м, вес конструкции 14,5 кг, максимальный диаметр 66 см *, начальный вес 25,8 кг, вес топлива 11,3 кг (соотношение компонентов 0,79), так что коэффициент наполнения получается 0,44 **. Обшивки ракета не имела.

На эту ракету Годдард впервые решил установить некоторые приборы для фиксации данных о полете. Они были совсем обычными, «домашними» — барометр-анероид и термометр. Для зафиксирования их показаний в головке ракеты был укреплен (смелое, пионерское решение!) направленный на приборы миниатюрный фотоаппарат, очевидно с пластинкой 4×6. Спуск затвора был соединен с механизмом выпуска парашюта.

Полет ракеты состоялся 17 июля 1929 г. В пуске участвовала вся группа Годдарда и даже приехавший в гости д-р Руп. Миссис Годдард наконец-то удалось заснять на кинолентку начальную фазу полета ракеты.

* Очевидно, по стабилизатору; диаметр баков, судя по фотографиям, примерно 19 см, наружный диаметр камеры с медным теплоотводным экраном — 16 см.

** Прикидочные расчеты по косвенным данным позволяют оценить некоторые другие параметры: удельная тяга 120 кг·с/кг, тяга ЖРД 35 кг, расход топлива 0,3 кг/с, максимальное время работы 39 с. В более поздних материалах Годдард отмечает, что ракета была заправлена наполовину. Это меняет дело. Тогда при полном запасе топлива 22,6 кг получается: начальный вес 37,1 кг, коэффициент наполнения 0,61, расход топлива 0,38 кг/с, тяга ЖРД около 50 кг. Но эти характеристики представляются завышенными и маловероятными.

Давление в баках через 12 с после включения поднялось до 8,8 атм. Еще через 2,5 с ракета покинула башню, пролетела вертикально около 6 м, резко изменила траекторию и, достигнув максимальной высоты 27,5 м (9,2 м над обрезом башни), устремилась вниз под углом примерно 35° и упала в 52 м от центра башни. Весь полет продолжался 4 с, а с момента включения — 18,5 с. Средняя скорость на траектории, замеренная с помощью теодолита и секундомера, 60 км/ч. При ударе о землю бензиновый бак взорвался.

Хотя парашют не раскрылся, приборы после полета остались почти целыми, но, конечно, никакой «информации» не дали. В целом же полет был оценен как чрезвычайно успешный, но наделал много шума в буквальном и переносном смысле. Это объясняется тем, что, впервые взлетев так высоко, ракета с длинным, 6-метровым хвостом пламени в ясный летний день была видна издалека. К тому же привлекла внимание необычным ревом. Этим можно объяснить, что едва помощники Годдарда успели собрать разлетевшиеся части ракеты, как возле башни оказались полицейские машины и репортеры. Десятки вопросов, тщательное фотографирование башни и даже опаленных камней у ее основания. Должное впечатление на газетчиков произвела также скрытность Годдарда и его помощников. Такой редкий для Америки случай — изобретатель не хочет «паблисити». Не иначе как тут что-то не так.

Ужасно огорченный всем этим, Годдард пытался уговорить газеты не давать никаких сообщений до его официального заявления, но куда там. В тот же день вечерние вустерские газеты вышли с шапками: «Ужасающий взрыв, когда профессор Годдард из Кларка выстрелил свою „лунную ракету!“», «Экспериментальная ракета Годдарда взрывается в воздухе!» и т. п. Повторилась по существу история 1920 г., когда из серьезной многогранной работы «Метод достижения предельных высот» ищущая сенсаций американская пресса извлекла (и ведь сумела извлечь!) только расчет лунной ракеты. Все прочее оказалось недостойным внимания.

Такой оборот дела вынудил Годдарда в тот же день передать в газеты свое заявление: «Испытание сегодня после полудня было одним из длинной серии экспериментов с ракетами, использующими совершенно новое (на

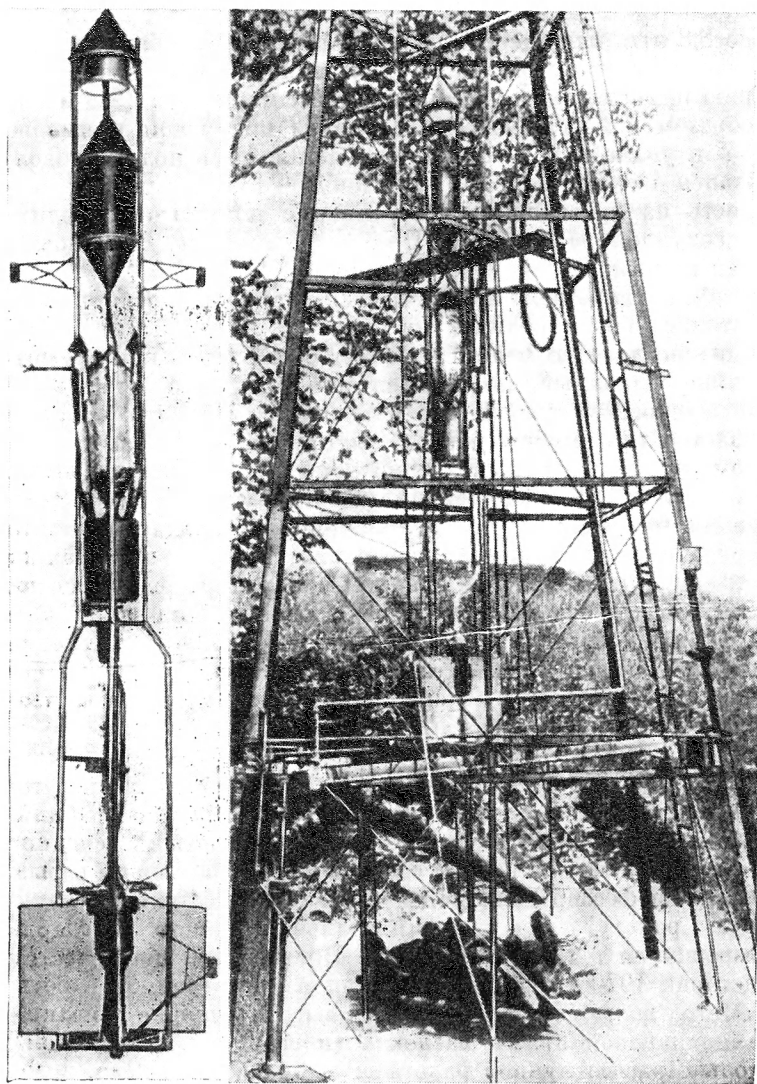
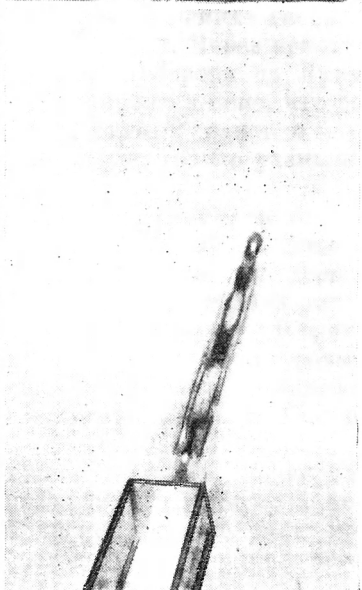
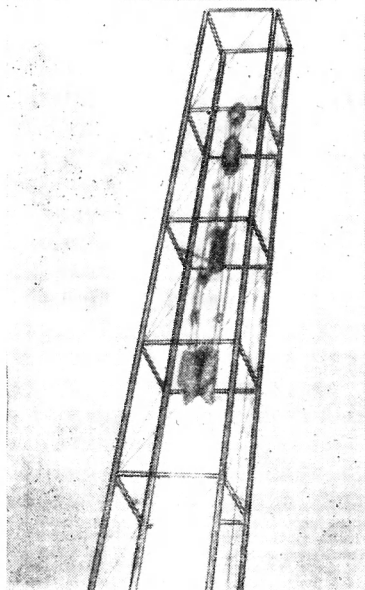
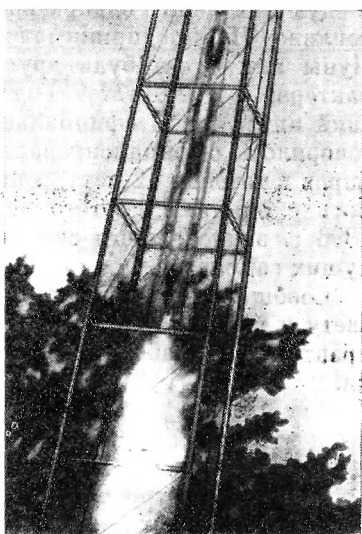
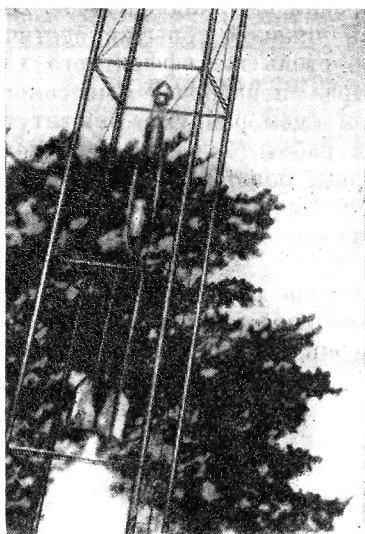


Рис. 23. Ракета, выполнившая полет с приборами, и кинограмма полета (июль 1929)



следующий день Годдард исправил на „жидкое“. — *И. Б.*) топливо. Не предпринималось никакой попытки достичь Луны или что-нибудь другое столь же эффективного характера...» [5, р. 671]. Годдарда поддержал Смитсоновский институт. В официальном «меморандуме» института говорилось о финансировании работ (более 12 тыс. долларов в течение 12 лет), а первые полеты ракет сравнивались с опытами другого «смитсоновца», д-ра Лэнгли, в 1896 г. запускавшего свои «аэродромы» — прообразы будущих самолетов.

Сообщения о работах Годдарда разнеслись по всему свету и в определенной степени способствовали развитию практических работ в области жидкостно-ракетной техники.

Вклад в теорию космонавтики

Ранние идеи

Середина 1920-х годов характеризуется заметным повышением общественного интереса к идее космического полета. Выходят новые книги и статьи пионеров теоретической космонавтики: Циолковского, Оберта, Цандера, Гомана и др. В разных странах создаются общества и объединения энтузиастов «межпланетных сообщений» (первое такое общество возникло в СССР в 1924 г.). Через некоторое время страсти, возникшие вокруг «сборов» на Луну и на Марс, постепенно утихают — становится ясно, что до создания высокоэффективных жидкостных ракет о полетах в космическое пространство можно только размышлять.

Следует еще раз отдать должное Годдарду — он вовремя, намного раньше многих переболел «детской болезнью» космонавтики. Более того, проводя изучение некоторых ее проблем и, очевидно, ознакомившись с доступной литературой, Годдард в конце концов совсем отошел от теории. Практический его ум подсказал, что при данном уровне науки и техники двигаться далее бесполезно. Последняя его «космическая» работа была написана в августе 1929 г. Ну, а первая?

Придется вернуться к юношеским годам Годдарда, поскольку именно тогда закладывался его интерес к исследованиям в области теории космонавтики*. Как мы помним, сам Годдард точно назвал дату появления у него

* В двух первых главах, говоря о монографии «Метод» и анализируя путь к ней, мы затронули некоторые вопросы теории космических полетов, разработанные Годдардом. Поэтому в этой главе неизбежны некоторые повторения.

интереса к космическим проблемам — 19 октября 1899 г., когда ему едва исполнилось 17 лет. «В тот день после обеда, — читаем в его автобиографии, — я влез на стоящее позади амбара высокое вишневое дерево... и начал подрезать на нем сухие ветки... И когда посмотрел на восток, представил себе, как было бы чудесно сделать такое устройство, на котором было бы возможно взлететь до Марса» [5, р. 9]. С этой даты, которую Годдард потом регулярно отмечал как «день годовщины», у него появилась вполне определенная жизненная цель. Но все же это были пока только мечты.

Мы помним также о первых его юношеских соображениях по поводу различного рода средств космического полета, которые он высказывал в годы учебы в Высшей школе (например, в статье «Перемещение в космосе» [9]), но эти его мысли были весьма робкими и терялись в обилии других интересов Годдарда.

Но вот — первые наброски в «зеленой книжке»: до 5 января 1906 г. упоминание о ранней идее использования энергии Солнца для движения; до 5 января 1906 г. — о ранней идее защиты от метеоров; 18 февраля 1906 г. запись о получении высокоскоростного потока частиц соединением потоков положительных и отрицательных ионов и получение движения за счет реакции от этого потока; 12 ноября 1906 г. заметка о покидании Земли по наклонной.

На основании этих записей и заметок можно сделать вполне определенный вывод, что Годдард занялся теоретическими проблемами космонавтики (как и ракетной техники) по крайней мере в 1906 г.

Основное место в записях 1906—1909 гг. занимают электрические реактивные двигатели и атомная энергия («использование тепла от радиоактивных частиц»). В сочинении «О возможности перемещения в межпланетном пространстве» (октябрь 1907 г.) [11], которое отчасти рассмотрено нами во второй главе, ставится уже конкретная задача — рассмотреть возможность «физического перемещения на планеты», поскольку это наиболее эффективный способ их изучения. Кроме энергетической проблемы в сочинении обсуждаются некоторые другие вопросы обеспечения космического полета — о «запасе пищи и обновлении воздуха», о «сохранении тепла», «преодолении сопротивления эфира», и снова о «защите от метеорных потоков».

Но главное, по мнению Годдарда, все же проблема энергии. Поэтому внимание его привлекают «огромные количества энергии», накопленные, согласно электронной теории, во всех веществах, и которые можно получить при радиоактивном распаде — «один грамм радия при своем распаде отдает в конечном счете 10^9 кал, это примерно в 790 000 раз больше энергии кордита и достаточно, чтобы поднять 5000 тонн* на высоту более 100 ярдов» [6, с. 30]. Далее: об искусственном ускорении этого распада со ссылкой на исследование Дж. Томсона и У. Рамзая. И в заключение: «...перемещение в межпланетном пространстве зависит от решения проблемы атомного распада».

В связи с этим стоит обратиться к другому автору, современнику Годдарда: «...Смесь кислорода и водорода дает $1/4$ энергии, необходимой для преодоления притяжения Земли. В противоположность этому 1 кг радия, выделяя за все время своего существования $2,9 \cdot 10^9$ ккал, обладает энергией в 194 000 раз большей, чем требуется...» И далее: «Только силы и энергия, которые, как нам кажется, содержатся в молекулах вещества, могли бы дать нам концентрированные мощности и работу такой величины, которую мы установили... 100 кг радия... более чем достаточно для полета на Венеру и обратно...» [170, с. 329, 335].

Это написано французом Робером Эсно-Пельтри в 1912 г. Не правда ли, какое сходство выводов! Но Годдард, как мы знаем, уже в 1909 г. на собственных расчетах убеждается в их ошибочности — важна не только и не столько суммарная энергия, сколько величина отбрасываемой массы на единицу оставшейся (при достаточной скорости отброса).

Циолковский, у которого сомнений в возможностях ракеты «с отбрасываемыми продуктами взрыва» вообще никогда не было, в 1914 г. в ответ на работу Эсно-Пельтри писал: «Я сам мечтал о радии. Но в последнее время я произвел вычисления ... после чего я бросил мысль о радии. Всякие открытия возможны, и мечты неожиданно могут осуществиться, но мне бы хотелось стоять, по возможности, на практической почве» [160, с. 99].

* Годдард везде пользуется английскими («короткими») тоннами, в метрических мерах здесь — 4550 т.

Годдард тоже всегда стоял на практической почве. И поэтому в своих дневниковых записях по космонавтике рассматривал задачи самые что ни на есть практические.

10 и 11 января 1908 г. — об удержании аппарата на орбите вокруг планеты «на безопасной высоте» с помощью взрывчатых веществ (очевидно, с учетом сопротивления атмосферы); о возвращении на Землю (или планету) «в надлежащее место... с уменьшением скорости за счет трения воздуха и используя парашют»; о «посылке пакетов с взрывчатым веществом на аппарат, который испытывает недостаток топлива». 8 апреля — «визуальное слежение за аппаратом при помощи лучевых экранов, при этом у аппарата имеется источник монохроматического света». 16 мая — «использование на аппаратах тонких оболочек, жесткость которым придается при помощи сжатого водорода». 23 мая — «использование гироскопов в соединении с фотокамерой», посылаемой на орбиту вокруг планеты. 29 июня — «использование самолетного принципа для мягкой посадки на планету...» и «производство водорода и кислорода на планетах с помощью солнечной энергии». 18 августа — «автоматическая сигнализация с планет». 26 декабря 1908 г. — уже известная нам «посылка взрывчатого вещества на темную сторону новой Луны». 10 февраля 1910 г. — «организация на Луне обсерватории». 27 ноября 1910 г. — «создание ускорения для уравновешения снижения гравитации, действующей на пассажира», и т. д. [5, р. 695—698].

Как видим, в этих записях упоминаются важнейшие проблемы космонавтики, которые стали практически решаться конструкторами лишь в конце 50-х годов или еще позже. Надо сказать, что и все прочие, «неракетные» источники энергии — солнечная, атомная, электрическая и даже магнитная — в эти годы все время остаются в поле зрения ученого.

Проблемой радиоактивности Годдард занимается весьма серьезно и долго. Так, в декабре 1916 г. он написал большую работу «Атомный распад» [15]. В ней, как отмечают редакторы «Материалов», определенные идеи высказаны «более чем за два года до того, как Эрнестом Резерфордом в Англии (1919) были впервые получены α -частицы при естественном разложении радия, и за 15 лет до того, как Дж. Кокрофт и Е. Уолтон вызвали распад искусственными

средствами (1932)... Годдард предвосхитил эти достижения, как и циклотрон, над которым Е. Лоуренс работал в 1928—1932 гг. » [5, р. 182].

В наброске статьи «Перемещение в межпланетном пространстве» [13] Годдард вновь говорит о возможных целях освоения космического пространства — исследовании поверхности Земли («геология»), а также обратной стороны Луны и «характерных особенностей» планет, в изучении которых можно «получить результаты, значительно превосходящие те, что могут быть достигнуты с помощью телескопа...» Здесь по существу намечены такие современные нам направления космических исследований, как изучение природных ресурсов Земли или космическая астрономия.

Надо сказать, что в «наброске» встречается столь редкая для Годдарда попытка философски осмыслить значение будущей космонавтики с точки зрения использования ее средств для спасения земной цивилизации от вероятного космического катаклизма*, например, в результате сближения Земли с Луной: «Если мы понимаем, что эволюция, пройдя через эпохи, достигла в человеке своей вершины, то непрерывность жизни и прогресса должна стать высшей целью человечества... Но если... Луна может оказаться причиной разрушения Земли, то это также благословляет развитие межпланетных полетов» [5, р. 117]. И далее — логический переход к рассмотрению различных средств космического полета.

Упомянув разные «неосуществимые» способы, такие как «отталкивание от земной атмосферы», использование магнитного или электростатического поля Земли, выстрел из пушки, использование «эфирных волн какой-нибудь длины», а также заметив, что «едва ли мыслима отрицательная гравитация», Годдард вновь останавливается на методах «не столь уж нереальных» — «быстро движущиеся заряженные частицы», «использование внутриатомной энергии» и «аппарат типа ракеты».

Далее Годдард размышляет о возможности реализации этих методов и приходит к выводам о существовании трудноразрешимых практических проблем, связанных с первыми двумя способами, и больших преимуществах ракеты.

* Тезис этот, как мы знаем, встречается и у К. Э. Циолковского, в частности в работе 1911—1912 гг.

Все, что в «наброске» касается энергетических возможностей ракеты, мы рассмотрели во второй главе. Там же, говоря об истоках основных разделов «Метода», мы упомянули тезис «наброска» о посылке на темную поверхность Луны магниевого порошка. Но «лунная задача» рассматривается здесь значительно шире. Например, замечает Годдард, в случае посылки на Луну «хрупкого аппарата или оператора при посадке пришлось бы снижать скорость... Но еще большая масса потребовалась бы для возвращения... с мягким приземлением, хотя в этом случае в качестве тормоза можно было бы использовать сопротивление атмосферы». Как видим, задачи, впервые решенные в наше время, довольно точно намечены Годдардом в 1913 г.

Далее: «Как только Луна будет достигнута, ее можно использовать как место старта к различным планетам. Горючие материалы можно доставлять на Луну по частям. Будет еще лучше, если их, то есть Н и О, можно производить прямо на Луне из материалов, имеющихся на ее поверхности». И еще весьма любопытное замечание: вопросы «обеспечения пищей и воздухом... уже решены в связи с подводными лодками». Как известно, достижения техники подводного флота, действительно, широко использовались при подготовке первых космических полетов спустя почти полвека после появления этих строк.

В конце «наброска» Годдард обсуждает возможность использования для полета к Марсу (с целью уменьшения начального веса ракеты) электрического реактивного двигателя с турбогенератором на солнечной энергии.

Статья «Проблема поднятия тела на большую высоту над поверхностью Земли», написанная и представленная на обсуждение в Кларковский университет в августе 1914 г., была нами также рассмотрена во второй главе. Здесь стоит еще раз подчеркнуть, что статья эта имела откровенную космическую направленность. Так, одним из важнейших аргументов в пользу развития ракет, который Годдард приводит в самом ее начале, является возможность фотографирования поверхности Луны (включая ее обратную сторону) и планет с близкого расстояния. При этом, говорится в статье, «присутствие человека... обязательно, поскольку для решения многих вопросов достаточно послать небольшие аппараты, способные проводить фотосъемку автоматически» [6, с. 45]. Надо сказать, что

другие пионеры теоретической космонавтики говорили в своих трудах почти исключительно о пилотируемых космических полетах.

Первый «космический» доклад

Теперь мы хорошо знаем, чем были заполнены первые годы после Принстона и выздоровления — подготовкой статьи «Проблема поднятия тела», экспериментами с ракетами и пороховыми камерами сгорания, разработкой многозарядной ракеты и боевых твердотопливных ракет, написанием заявок на патенты и подготовкой к печати монографии «Метод достижения предельных высот».

Через месяц после выхода в свет «Метода» Годдард готовит и посылает в Смитсоновский институт «космический» доклад «О дальнейшем развитии ракетного метода исследования космического пространства» [22]. Появление этого доклада в какой-то степени было неожиданностью для самого Годдарда. Во всяком случае до выхода «Метода» он писать его не предполагал. Но сенсационный характер реакции прессы (и отчасти научных кругов) на выводы монографии заставил ученого взяться за перо. Цель — показать действительные возможности ракет для научных исследований в космосе и межпланетных перелетов, о чем в «Метод» почти ничего не было сказано. Одним словом, мы имеем дело как бы с дополнительной, четвертой частью «Метода».

Доклад состоит из двух основных глав. Первая посвящена «исследованиям, проводимым без оператора», т. е. без человека, на борту космической ракеты, вторая — с оператором. Первая глава включает в себя три раздела — о фотографировании с близкого расстояния поверхности Луны и планет, об установлении контактов с обитателями планет* и об использовании в ракетах вместо пороха водородно-кислородного топлива. Во второй главе рассматриваются в основном вопросы энергетики и динамики полета, а также некоторые практические вопросы обеспечения полетов с этих же точек зрения.

В разделе о фотографировании планет в общих чертах рассматривается проект космической ракеты с фотоаппа-

* Как видно из содержания доклада, Годдард, как и многие его современники, допускал существование на планетах разумных существ.

ратом на борту, способной после облета планеты вернуться на Землю. Годдард повторяет здесь некоторые тезисы введения в статью «Проблема поднятия тела...», например: телескоп с апертурой 30 см, проходя на расстоянии 1600 км от Марса, мог бы обеспечить такую разрешающую способность, какую имел бы телескоп с апертурой 10,6 км на Земле. Однако далее содержание совершенно новое. Беспилотная ракета облегченного типа для полета к Марсу вполне могла бы быть, считает Годдард, на бездымном порохе (об отношении масс и количестве ступеней при этом ничего не говорится). Здесь же высказана мысль, что на траектории полета к планете может понадобиться коррекция, для чего могут применяться «боковые реактивные двигатели, работающие на принципе многозарядности», с небольшой тягой, включаемые автоматически *. Для прохождения плотных слоев атмосферы при возвращении необходима теплозащита, составленная «из слоев тугоплавкого твердого материала и слоев с малой теплопроводностью... Разумеется, фотоматериалы должны быть защищены специально». Так впервые на Западе была высказана идея реализации теплозащиты космического аппарата при его возвращении на Землю. Осуществлена же на практике она была, как известно, в 1959 г.

Годдард, как и другие пионеры космонавтики, в то время не сумел предвосхитить развитие техники космической радио- и телевизионной связи, хотя, как мы уже отмечали, в 20-е годы он сам занимался радиотехникой. Эти средства были применены при первом фотографировании обратной стороны Луны, осуществленном советской автоматической станцией «Луна-3» 7 октября 1960 г.

В разделе о контактах с внесемными цивилизациями (в докладе — «инопланетянами») Годдард предлагает послать к планетам аппараты, с которых можно будет передавать на их поверхность радио- или световые сигналы. И, кроме того, — еще одно любопытное предвосхищение — послать на поверхность планеты устройство с металлической пластинкой, на которой будут изображены «созвездия (с указанием положения Земли и Луны) вместе с достаточно подробным описанием самой ракеты».

Далее Годдард переходит к доказательству энергети-

* Как известно, Циолковский для этой цели предложил применить поворот сопла ракетного двигателя. Этот принцип впервые осуществлен на ракете Годдардом в 1937 г.

ческих преимуществ водородно-кислородного топлива перед бездымным пороховым, т. е. к тому, что нам уже хорошо известно из доклада «Проблема», а также говорит, по видимому впервые, о необходимости экономической оценки космического полета. Делается даже попытка показать, что при перспективных методах получения жидких водорода и кислорода, с учетом значительно меньшего начального веса, ракета на этом топливе может быть дешевле, чем ракета на бездымном порохе. Особенно, считает Годдард, если стартовать ракета будет с вершины высокой горы, где много исходного сырья (снега), низкие температуры и неподалеку — водные источники энергии. Отмечается также, что при необходимости кислород с водородом на борту ракеты могут быть хорошим взрывчатым веществом.

Вторая глава начинается с доказательства того, что при полете с человеком на борту, в целях получения приемлемых размеров ракеты, необходимо применять только водородно-кислородное топливо. При этом качественно оцениваются необходимые затраты массы для мягкой посадки на Луну или планету, а также для возвращения и посадки на Землю. Последний этап, говорится здесь, может быть и не связан с затратой массы, если для торможения использовать атмосферу (при входе «по касательной») с последующим раскрытием парашюта. (Как видим, здесь весьма точно обозначен метод посадки на Землю кораблей «Аполлон».) Значительный выигрыш по начальному весу межпланетной ракеты можно получить, если жидкие водород и кислород для возвращения на Землю производить (с использованием солнечной энергии) на поверхности Луны или планет.

При наличии в космическом корабле человека, продолжает Годдард, необходимо постараться сократить время перелета к планете. Существенно увеличить скорость истечения продуктов сгорания водорода в кислороде практически невозможно. А что, если после получения «параболической скорости» добавить «электростатическое отталкивание» частиц водорода и кислорода? Это было бы возможно, если бы эти частицы находились в ионизированном виде. Энергию для этого на траектории нетрудно получить с помощью солнечных зеркал.

Из нескольких возможных вариантов полета на Марс Годдард выбирает вариант с постоянной электрической

тягой (ускорение на первой половине траектории и замедление на второй) со средней скоростью 4,8 км/с (время перелета «около трех с половиной месяцев»). При этом, по его прикидкам, для корабля весом около 230 кг потребуются зеркало площадью 16 м² *.

Что касается конструкции зеркала, то оно должно быть из «тонкой металлической фольги, укрепленной на складывающихся рамах». Солнечные лучи будут направляться им через окно в паровой котел. Кроме того, энергоустановка должна иметь конденсатор и турбогенератор безвального типа (многоступенчатая турбина с «магнитными дисками» между ступенями), дающий ток небольшой силы с высоким напряжением.

Далее Годдард дает вывод уравнения, с помощью которого можно было бы рассчитать минимальные массы для данной конечной скорости полета. Поскольку принимается, что приток солнечной энергии должен быть пропорциональным массе ракеты (подобно тому, как в «Метод» это принято с химической энергией), уравнение движения имеет тот же самый вид, что и уравнение движения обычной ракеты. Но, перейдя к закону сохранения энергии, Годдард учитывает два ее источника — внутренний (химический) и внешний (солнечный, тепловой). В результате получается выражение для скорости истечения.

Последний раздел доклада посвящен «проблеме получения ионизированной струи газа». Речь здесь идет в основном о получении и введении в реактивную струю положительных и отрицательных ионов. Понятно, почему и тех и других, — чтобы в противном случае на борту аппарата не накапливался заряд противоположного знака**. Будучи физиком, специалистом по ионизированным газам, Годдард в полной мере отдает здесь дань одному из своих научных пристрастий, причем теперь уже в связи с главной темой своей деятельности — ракетами и теоретической космонавтикой. Рассматриваются различные способы генерирования заряженных частиц, схема двигателя с импульсной реактивной струей и, следовательно, с импульсной подачей ионов, а также описывается экспери-

* Как известно, очень близкие идеи в этом направлении были высказаны Ю. В. Кондратюком в 1918—1919 гг. [129; 168].

** В современной технике ионных реактивных двигателей применяется в основном истечение положительных ионов и нейтрализация струи электронами.

мент по введению потока электронов в струю воздуха, который был проведен под руководством Годдарда аспирантами университета в 1916—1917 гг. По-видимому, это был первый в истории эксперимент с электростатическим реактивным двигателем.

Полемика

Первый «космический» доклад был послан в Смитсоновский институт, но не был тогда опубликован, и о работах Годдарда на эту тему мир узнал только в той мере, которую содержал «Метод». Но и этого было вполне достаточно, чтобы убедиться в том, что американский физик Роберт Годдард разрабатывает теоретические вопросы космонавтики (само уравнение движения ракеты представляло в то время интерес почти исключительно с точки зрения выявления возможностей космонавтики). Поэтому реакция зарубежных ученых на выход «Метода» не заставила себя ждать.

В первых числах апреля 1920 г. Годдард получил письмо от Робера Эсно-Пельтри. Французский авиаконструктор, автор уже дважды упоминавшегося нами доклада, узнал о работах Годдарда из газет. Внимание его привлекли слова об «увеличении КПД сопла с 2 до 64%». В своей статье, копию которой он приложил к письму Годдарду, тоже говорилось о «КПД ракетного мотора», который, однако, оценивался не выше 3%. Поэтому, не поверив газете, он обращается к Годдарду с просьбой прислать «какую-нибудь информацию о Вашем изобретении». Одним словом, возникло вполне понятное недоразумение из-за нечеткой, как мы уже говорили, формулировки Годдардом понятия КПД в «Метод» (напомним, там по существу рассматривался КПД цикла ракетного двигателя).

В ответ Годдард посылает в Париж экземпляр «Метода». В весьма сдержанном письме он ничего не добавляет к тому, что изложено в монографии, и ничего не говорит о проводящихся им конструкторских разработках и исследованиях по космонавтике, а лишь отмечает, что «наиболее важный принцип метода» — многозарядная ракета. Прочитав работу «с огромным интересом», французский ученый поздравил автора с «очень хорошим научным методом и идеей снабдить ракету коническим соплом». Не-

доразумение с КПД было улажено. Кроме того, в письме Эсно-Пельтри, по-видимому, содержались соображения о трудностях создания космической ракеты. И, в частности, в связи с возможным отклонением ее от курса в результате «неточной прямолинейности тяги» и ветров, действующих в различных слоях атмосферы. В своем ответе 1 июня 1920 г. Годдард парирует эти соображения, предлагая управлять ракетой автоматически с помощью фоточувствительных элементов.

После этого (тем же летом) между Парижем и Вустером произошел еще один обмен письмами. Эсно-Пельтри, отталкиваясь от «Метода» (вернее, от идеи осуществить полет на Луну со вспышкой при контакте заряда осветительного пороха), высказал мысль о «посылке снаряда вокруг Луны с последующим возвращением на Землю», снабдив его фотокамерой для съемки обратной стороны Луны. Кроме того, Эсно-Пельтри пообещал рассчитать траекторию такого полета. Ответ Годдарда нам нетрудно было бы предвидеть — ведь точно такая же задача рассматривалась им в мартовском докладе в институт. Разумеется, Годдард мог только приветствовать расчет траектории, ведь сам он этим вопросом не занимался.

На этом переписка Годдарда с Эсно-Пельтри прервалась. Заметим, в ней совсем не упоминаются работы Циолковского. Эсно-Пельтри, как он писал позже, услышал о работах Циолковского лишь после 1925 г. (что до некоторой степени у многих вызывает сомнение), а Годдард вообще нигде и никогда не упоминал имени своего по сути дела единственного предшественника. Но мог ли Годдард знать о Циолковском? Есть основания предположить, что мог. И если не в 1920, то в следующем, 1921 г. Дело в том, что в «Библиографии по авиации», изданной Смитсоновским институтом в 1921 г., имеется указание на работу Циолковского, напечатанную в «Вестнике воздухоплавания» в 1911—1912 гг. Как раз в это время Годдард, начав работы над жидкостной ракетой и написав первый «космический» доклад, поддерживал тесную связь с институтом. Однако и в более поздних «космических» докладах, посланных в институт, ссылок на эту работу нет.

В феврале 1921 г. Годдард выступает с уже упоминавшейся небольшой статьей в журнале «Сайнтифик аме-

рикен» — «Проект лунной ракеты — опровержение некоторых распространенных заблуждений» [76]. Статья эта — реакция на прессу и поток писем в связи с выходом «Метода». В ней Годдард уверенно и лаконично парирует многочисленные реплики оппонентов. Ракета в космосе не полетит? — «Реакция против ничего» в вакууме даже больше, чем в атмосфере. Ракета стогит от нагрева в плотной атмосфере? — Скорость ее поначалу невелика, а выше — весьма низкая плотность воздуха. Ракета разобьется при возвращении на Землю? — Но можно применить парашют и «несколько зарядов» для мягкой посадки. И так далее. Обращаясь к своим оппонентам, Годдард замечает, что он, к сожалению, из соображений секретности не может рассказать всего о работе ракеты, но каждый человек, знакомый с физикой, может понять ее принцип, чтобы не выступать «со всякого рода критикой, результатом которой было бы много болтовни и очень мало истинных достижений» [5, р. 462].

Главный пафос статьи Годдарда — против этой «болтовни» и дешевой сенсационности, которую раздували газеты вокруг космических полетов.

Еще более скоротечной, чем с Эсно-Пельтри, была переписка с Германом Обертом, который, как и французский ученый, первым обратился к Годдарду с письмом — из Геттингена 3 мая 1922 г. В письме этом — нескрываемая досада, но и заметное великодушие: «Уже много лет я работаю над проблемой преодоления атмосферы нашей Земли посредством ракет. Теперь, когда я близок к публикации результатов моих исследований и расчетов, я узнал из прессы, что я не единственный в моих устремлениях и что Вы, дорогой сэр, уже сделали много важного в этой сфере... Только общая работа ученых всех наций поможет разрешить эту великую проблему!» [5, р. 485].

Через несколько лет, как известно, Оберт напишет письмо Циолковскому, в котором он признает право русского ученого называться первым среди пионеров космонавтики.

По-видимому, еще в мае 1922 г. Годдард послал Оберту экземпляр «Метода», о получении которого и о своем впечатлении («превосходная работа») Оберт известил Годдарда в письме от 12 июня, заметив при этом, что «моя книга выйдет, вероятно, осенью» [5, р. 486]. В июле следующего года Годдард получил из Германии только что

вышедшую монографию Оберта «Ракета в космическое пространство» [131].

В сугубо теоретической работе даны уравнение движения ракеты с учетом сопротивления и гравитации, проект ступенчатой жидкостной ракеты на спирте (нижняя ступень) и жидком водороде (верхняя) с жидким кислородом в качестве окислителя, некоторые результаты параметрического анализа («наивыгоднейшая» скорость с точки зрения минимального расхода топлива, роль ускорений, пути повышения отношения масс и др.), описания различного рода конструкторских решений (наддув баков, турбонасосы, охлаждение камеры, гироскопическое управление с воздушными и газовыми рулями и др.), анализ некоторых проблем пилотируемых космических полетов (перегрузки, терморегулирование, невесомость, выход за пределы корабля, орбитальные станции, космическое зеркало, экономические оценки и др.).

В послесловии к монографии Оберт кратко разбирает работу Годдарда, полученную им «при сдаче в печать рукописи». Основное внимание при этом уделяется экспериментальной части «Метода» и схеме многозарядной ракеты. При этом он сравнивает (разумеется, в свою пользу) массивные экспериментальные камеры Годдарда с предложенными им самим тонкостенными (из листового металла) камерами. Оберт ставит под сомнение перспективность МЗР с точки зрения космических полетов и обращает внимание на недооценку Годдардом водородно-кислородных ракет. Независимость своих исследований Оберт доказывает краткой их хронологией: «Начал еще до 1907 г., мой первый готовый проект был создан в 1909 г. (в 15 лет! Оберт родился в 1894 г. — *И. Б.*), тогда же я знал... основные формулы *... в 1912 г. я набросал первый проект кислородно-спиртовой ракеты» и т. д.

И как резюме: «Его (Годдарда. — *И. Б.*) расчеты и формулы проще, чем мои. В целом мой труд в этой области дает больше. Формулы и расчеты Годдарда вполне сходны с моими... Все эксперименты проделаны им добросовестно, и книга написана понятно и интересно».

Уже через две недели после получения книги Оберта, 1 августа 1923 г., Годдард пишет свой второй «космичес-

* В частности, как выясняется, «формулу Циолковского».

кий» доклад [27] и направляет его руководству университета и в Смитсоновский институт.

В сопроводительном письме в институт Годдард решительно заявляет, что в монографии Оберта разработана «теория действия ракеты, которая практически то же самое, что представлена в моей работе», описана конструкция «ракеты, похожая на ту, которая прорабатывается мною в течение последних двух лет», и предлагается использовать ракеты «в том же направлении, которое я осветил в своем докладе в марте 1920 г.» В то же время Годдард отмечает высокие достоинства книги Оберта — «хорошо и исчерпывающе написана». Не желая «публично обсуждать все фазы своей работы... и вступать в открытый спор о приоритете», Годдард в новом «космическом» докладе тем не менее показывает, что «в ряде важных мест книги» Оберт представил «как свое собственное» то, о чем он, Годдард, говорил в «Метод» и докладе 1920 г.

Годдард вынужден пожинать плоды своей неконтактности с научным миром. А в части космической проблематики — также скептического отношения смитсоновцев. (Чарлз Аббот вообще иронически относился к космическим идеям Годдарда, а в ответ на доклад 1923 г. заметил лишь, что «все это интересно читается», но лучше все же заниматься практической ракетой.) Конечно, Оберт сдал свою монографию в печать уже после выхода «Метода». Вполне возможно, что сообщения о работе Годдарда подтолкнули Оберта к завершению и к публикации своей работы. Так что мы имеем дело здесь не более чем с косвенным влиянием. О космических же докладах Годдарда, направленных в институт, Оберт вообще ничего не мог знать. Поэтому уровень возникшей полемики отнесем на счет особенностей времени. Сказывались ограниченные возможности распространения информации, а также настойчивое звучание в послевоенный период националистических мотивов в крупнейших буржуазных странах.

Значительное место во втором «космическом» докладе уделено хронологии основных работ Годдарда по ракетной технике и повторению некоторых основных тезисов «Метода» и первого доклада.

Вторая половина доклада посвящена полемике с Обертом (приходится признать, что инициатором ее был все

же немецкий ученый). Годдард напоминает («на тот случай, если когда-либо возникнет вопрос о приоритете»), что его идея о применении водорода и кислорода в многоступенчатой ракете возникла в 1909 г. [6, с. 189]. Затем Годдард опровергает все, как ему представляется, притязания Оберта на приоритет (составлена даже специальная таблица со ссылками на источники) в отношении сопла, ступенчатой ракеты, насосной подачи, формы «вторичной ракеты», использования аэростатов для увеличения высоты старта, управления в космосе. И, естественно, был отвергнут упрек Оберта в бесперспективности «принципа Годдарда», поскольку он заключался не только в многозарядности (что действительно отмечалось в «Методe»), но и в «непрерывной тяговой силе», т. е. в идее жидкостной ракеты, предложенной формально во втором ракетном патенте 1914 г. Кроме того, Годдард обращает внимание на то, что использование солнечной энергии он предлагал для создания движения в космосе, а не только для терморегулирования, как Оберт.

Далее Годдард обсуждает некоторые конструктивные идеи Оберта на основе своей опытной работы с жидкостными ракетами 1921—1922 гг.— о применении жидких топлив и насосов для их подачи, о способах впрыска топлива в камеру и весовом соотношении компонентов, об охлаждении камеры и наддуве баков, а также о конструкционных материалах, устройстве головной части и посадке ракеты на воду при возвращении. При обсуждении всех этих вопросов Годдард упоминает о результатах своих экспериментальных работ или ближайших планах.

Решительные доводы Годдарда не дошли до его оппонента — доклад Годдарда увидел свет лишь в 1970 г. Правда, в декабре 1923 г. Годдард сделал сообщение примерно того же содержания на конференции Американской ассоциации за прогресс науки в Цинциннати (шт. Огайо), опубликованное в «Физикэл ревью» в феврале 1924 г. [78]. В нем кратко излагалось существо спора с Обертом, причем аргументация дополнялась напоминанием о приведенном в «Методe» (в примечаниях) соотношении масс для кислородно-водородной космической ракеты, стартующей с высоты 4,6 км, равном 43,5 и «весьма близком к подсчитанному Обертом». В очередной раз Годдард напоминает, что «в настоящее время представляется нежела-

тельным обнаружением подробностей», поскольку «поддержка университета оказалось недостаточно для достижения быстрого успеха».

Заключительный тезис доклада в значительной мере показывает ту почву, которая питала заочный спор Годдарда с Обертом:

«Это определенно американский вклад в работу; начата она была в Америке, так как собственные интересы и первые усилия автора относятся еще к 1899 г.; первая теоретическая работа и первые эксперименты были выполнены в Америке, и очень желательно, чтобы была оказана достаточная поддержка для завершения этой работы в Америке» [5, p. 523].

Третий и четвертый «космические» доклады

26 марта 1924 г. Годдард заканчивает «Дополнительный отчет о завершенных разработках» [29] — третий «космический» доклад. Отсылая его Абботу, Годдард просит считать его, как и предыдущие доклады, секретным. Опубликован он поэтому был тоже лишь в 1970 г. Чем отличается этот доклад от предыдущих? Если в первом докладе проблемы автоматического и пилотируемого космических полетов рассматривались более в качественном отношении, а во втором вообще было немного принципиально новых решений, то в данный доклад включено большое количество аналитических и конструкторских задач и приведено много новых расчетов. В этом, несомненно, сказалось влияние книги Оберта, почти целиком построенной на анализе и расчетах.

Здесь мы находим и вопросы динамики полета (оптимальные ускорения при разгоне, сопротивление атмосферы при взлете и посадке), и энергетики (соотношение компонентов кислородно-водородного топлива, применение солнечной энергии), и конструкции (устройство баков, компоновка, стабилизация и управление в полете и др.). Особый интерес представляет заключительный раздел, в котором приведены результаты весовых и размерных характеристик межпланетного космического аппарата для различных вариантов полета.

К наиболее интересным можно было бы отнести такие выводы:

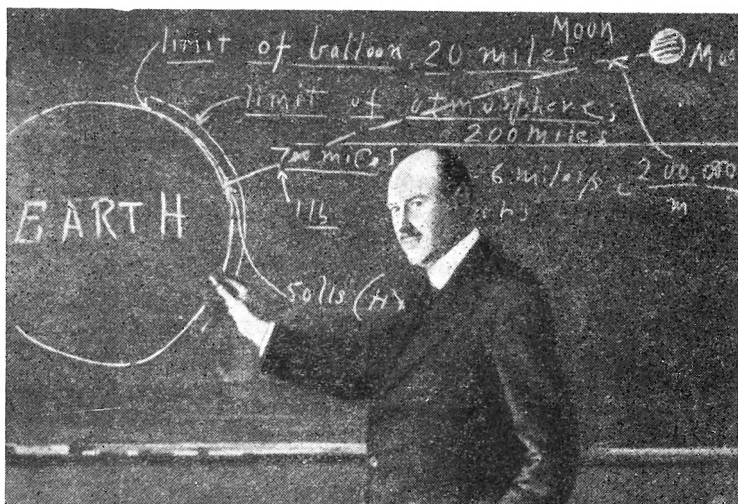


Рис. 24. Р. Годдард — профессор Кларковского университета (1924)

применение нескольких двигателей для изменения тяги с целью снижения или поддержания постоянным ускорения на траектории активного участка;

расчет времени торможения в плотных слоях атмосферы Земли (или планеты) при возвращении со 2-й космической скоростью «по касательной», а также применение крыла для маневрирования при посадке;

применение избытка горючего в водородно-кислородном топливе космической ракеты для охлаждения камеры (общее весовое соотношение кислорода к водороду — 0,8);

применение выполненных из лития и размещенных (до развертывания) в водородных баках солнечных зеркал, предназначенных для получения аппаратом энергии ускорения (или торможения при посадке на Луну) за пределами атмосферы (а также для обогрева кабины);

расположение водородного бака внутри кислородного, уменьшение толщины стенок баков от нижней части к верхней в связи с переменной по длине бака нагрузкой от запаса топлива, применение упругих стенок с целью компенсации различного рода боковых нагрузок, а также

повышение жесткости баков за счет внутреннего наддува или растяжек;

вращение бакового отсека (при неподвижных кабине и «наружном корпусе») с целью стабилизации продольной оси ракеты, применение боковых реактивных двигателей для изменения ориентации, поддерживаемой с помощью гироскопов;

размещение кабины экипажа в головной части ракеты или в виде кольца вокруг кислородного бака ближе к камере сгорания, размещение второй ступени внутри водородного бака первой (при общей двигательной установке) и др.

Результаты расчетов в последней части доклада приведены для следующих трех задач: а) мягкая посадка на Луну с возвращением на Землю; б) то же, но с получением топлива, необходимого для возвращения, на поверхности Луны (за счет солнечной энергии); в) то же, но при полете на планету с атмосферой. Во всех трех случаях вес кабины с экипажем из 1—2 человек принят 545 кг. Соотношения масс для получения 2-й космической скорости и для посадки на Луну (как и для взлета с нее) приняты соответственно 40 и 2. Стартовый вес ракет для этих задач равен у Годдарда соответственно 90,7, 45,4 и 21,8 т*. Запас топлива для первой задачи — 86,5 т, т. е. относительный вес топлива при общем отношении масс 160 (рассматривается одноступенчатая ракета) получается более 99%, что, разумеется, нереально. Как некорректно и то, что в вес кабины по существу включен вес топливных баков (Годдард почему-то здесь забыл собственный же коэффициент k из «Метода»). Приводятся также размеры топливных баков ракеты для первой задачи (напомним, что соотношение компонентов — 0,8): водородного — диаметр 4,6, длина 40 м, кислородного (снаружи водородного) — 6,1 и 2,4 м. Ошибки здесь нет, поэтому размеры выглядят неконструктивными. Для старта с Луны кабины весом 545 кг потребуются топливо, которое может быть получено на Луне разложением (очевидно, 100%-ным)

* В метрических тоннах. Эти данные получены, очевидно, без учета потерь на траекториях и с округлением: скорость истечения — около 3000 м/с, потребные затраты скорости на торможение при посадке на Луну (и на взлет) — 2100 м/с. Без округления первые две цифры получились бы 87,0 и 43,5 т.

«всего лишь», как оценивает Годдард, 2,7 т воды. Предполагалось, очевидно, что вода на Луне имеется.

Приходится с сожалением констатировать, таким образом, что все эти расчеты носят сугубо приближенный и притом малореальный характер и по своему качеству заметно уступают расчетам Циолковского и Оберта.

Как мы помним, период после 1923 г. был у Годдарда целиком заполнен работой над жидкостными ракетами. Работа шла с переменным успехом и совсем не оставляла ему времени на теоретические изыскания в области космонавтики. Не исключено и то, что у него просто не было интереса к ним до тех пор, пока не удалось создать более или менее удовлетворительную жидкостную ракету. Через месяц после полета первой такой ракеты, в конце августа 1929 г., Годдард закончил новый, четвертый «космический» доклад, получивший название «Об условиях для минимума массы ракетного топлива» [30]. К нескольким страничкам текста доклада были добавлены два очень важных приложения — перечень ранних идей по ракетам и космонавтике из «зеленых записных книжек» за 1906—1912 гг. и комментарии к первому «космическому» докладу 1920 г.

Поскольку сам четвертый доклад целиком посвящен солнечным и электрическим реактивным двигателям, рассмотрим сначала второе приложение — оно как бы подводит итог эволюции взглядов Годдарда на проблемы космонавтики за десятилетие. Большая часть содержания приложения уже известна, поэтому обратим внимание лишь на некоторые его пункты: «Непрерывное горение при использовании водорода и кислорода было впервые рассмотрено автором несколько лет назад, в июне 1907 г., и в 1914 г. было запатентовано *... Для комфорта оператора наибольшее ускорение... равно 4,7 g; в космосе оператор мог бы получить ускорение в 1 g [нормальную земную силу тяжести] лежа вдоль камеры, вращающейся с соответствующей скоростью... Астрономическая обсерватория, расположенная на Луне, могла бы иметь защиту от метеоров, причем кислород и воду можно было бы получать из продуктов дыхания, и кроме того, на ней можно было бы построить большой „зеленый дом“, полу-

* В патентах 1914 г. ничего не говорится о кислородно-водородном топливе. Впервые это топливо рассмотрено Циолковским в работе 1903 г.

чающий солнечный свет от отражателей, автоматически поддерживающих постоянную температуру, и который позволил бы обсерватории на протяжении значительного отрезка времени быть автономной, независимой единицей благодаря содержащемуся в этом доме достаточному количеству растений и животных (аналогичный способ мог бы быть применен в полете между планетами)*... Использование солнечной энергии до достижения параболической скорости нельзя считать неосуществимым...»

Теперь вернемся к собственно докладу 1929 г., посвященному принципам использования на космических ракетах солнечной энергии и электрических двигательных установок. Как замечает Годдард, реализация этих принципов позволила бы снизить начальный запас топлива на космической ракете «до малой величины или даже до нуля» [6, с. 226]. Для этого практически в течение всего межпланетного полета должна использоваться солнечная энергия. Полет можно было бы разбить на четыре основных этапа: а) подъем в атмосфере на большую высоту; б) разгон до орбитальной или параболической скорости; в) полет по траектории с ускорением, а потом с замедлением; г) посадка на планету (на этом, последнем этапе при наличии атмосферы затрат энергии нет).

На первом этапе используется крылатый аппарат с пропеллерным двигателем, который получает мощность от «солнечной двигательной системы, состоящей из множества маленьких двигателей с маленькими зеркалами», причем зеркала эти расположены в прозрачном крыле. По другому варианту подъем может быть осуществлен дирижаблем с подобной же солнечно-зеркальной двигательной установкой.

На втором этапе Годдард предлагает использовать «совершенно особый тип» реактивного двигателя, построенного на одном из трех принципов: «...электростатическое отталкивание воздуха, получившего электрический заряд; отталкивание воздуха как проводника при пропускании через него электрического тока; нагрев воздуха солнечной радиацией». Что касается последнего способа, то он, как мы знаем, не мог оказаться практичным — плотность солнечной радиации даже за пределами земной атмосферы столь мала (около $1,3 \text{ кВт на } 1 \text{ м}^2$), что даже с исполь-

* Как видим, у Годдарда возникла идея, задолго до того высказанная Циолковским, Кондратьевым и Цандером.

зованием концентраторов достичь приемлемой удельной мощности не удастся. Первые же два способа — это по сути дела современные схемы ионного и плазменного двигателей, только работающих на воздухе от набегающего потока. Для реализации этих схем необходимы как минимум три устройства: источник электроэнергии, средство ионизации или получения высокотемпературной плазмы и ускоритель частиц или плазмы. Надо сказать, что над проблемами создания солнечных электрогенераторов и ионизации воздуха Годдард работал очень много. Это видно из «зеленых книжек» и первого доклада, а также из комментариев к нему, написанных в 1929 г. В 1931 г. Годдард получил патент США № 1809115 на «аппарат для производства ионов» [5, р. 1652]. Это, кстати, находилось в тесной связи с его интересами как «чистого» физика.

На третьем этапе, после достижения орбитальной скорости, предлагается использовать солнечную энергию и «электростатическое отталкивание либо ионов, либо ионизированного газа». Рабочим телом при этом может быть, например, тот же водород с кислородом, движущиеся с высокой скоростью, но расход массы их будет очень небольшой.

Разумеется, Годдард понимал, что создать единую двигательную установку для второго и третьего (а тем более также и для первого) этапов полета очень трудно (это было бы возможно, считает он, если бы второй этап начинался в очень разреженной атмосфере). Однако Годдард, по-видимому, не сомневался, что электростатический двигатель можно применять на скоростях, меньших космических, т. е. для разгона в атмосфере. Это, конечно, оказалось заблуждением. Тем не менее, предложенный им метод, основанный на использовании свойств внешнего набегающего (и обтекающего) потока воздуха для «отталкивания» от него ракеты, представляет несомненный интерес.

Поскольку «представленный здесь способ движения является электрическим», в последней части доклада Годдард попадает в родную стихию — рассуждает о возможности создания устройств для электростатического и электромагнитного отталкивания воздуха в ионизированном или плазменном состоянии. Не забываются здесь и ионы тяжелых металлов, и нейтрализация ионного потока,

и прочие элементы техники электрических двигателей. В комментариях же к первому докладу рассматриваются вопросы непосредственного использования солнечной энергии — создание «солнечного котла — испарителя» (патент США № 1700675 от января 1929 г.), солнечного турбогенератора и даже прообраза магнетогидродинамического генератора на солнечной энергии (патент США № 1363037 от декабря 1920 г. на «метод и средства получения электризованной реактивной струи газа») [5, р. 429].

На этом собственно заканчивается деятельность Годдарда как теоретика космонавтики. Другие же пионеры космонавтики продолжали свои исследования. Так, в 1929—1932 гг. вышли работы Кондратюка, Пирке и Нордунга (Австрия), новые работы Циолковского, Оберта, Эсно-Пельтри и Цандера. Именно в этот период завершилось создание теоретических основ космонавтики.

Надо сказать, что в эти годы имя Годдарда как теоретика и практика ракетостроения стало широко известно в Европе (пожалуй, еще шире, чем у него на родине). В Советском Союзе знакомство с именем Годдарда оказалось связанным, к сожалению, с не самой лестной для него информацией. Летом 1924 г. с легкой руки «Нью-Йорк геральд трибюн» (заметка под названием «Лунная ракета завершена!» от 17 июня 1924 г.) [5, р. 546] наши газеты распространили сообщение, что якобы 4 июля этого года американский профессор Р. Годдард собирается запустить «исполинскую» ракету на Луну. Разумеется, это сообщение подверглось обсуждению в нашей печати, причем многими оно было принято на веру. Только Циолковский в письме к Я. Перельману решительно заявил: «Его ракета не поднимется и на 500 верст. И ни в коем случае не попадет на Луну...» И еще, со свойственной ему прямо-той: «По всей вероятности, про Годдарда врут интервьюеры и он не собирается пускать свою ракету».

Постепенно, однако, все стало на свои места. И имя Годдарда получило достойное отражение в нашей научно-популярной литературе. Этому способствовал известный ученый и популяризатор Н. А. Рынин. Еще в январе 1926 г. он обратился с письменной просьбой к Годдарду прислать ему в Ленинград оригинал «Метода» (вполне возможно, что в Советском Союзе его еще не было). Монография была получена, и в 1929 г. Рынин поместил в

одном из выпусков своей энциклопедической серии «Межпланетные сообщения» краткое изложение основных ее теоретических и расчетных результатов. В течение всего 1926 г. между Годдардом и Рыниным шла оживленная переписка, в которой, кстати, Рынин признал приоритет американского ученого перед Обертом в разработке теории реактивного движения (к сожалению, неизвестно, говорилось ли в этих письмах о Циолковском), а Годдард удовлетворил просьбу ленинградского профессора, выслав ему краткую автобиографию для опубликования в одном из выпусков той же серии.

И еще об одной переписке. Вернее, о попытке возобновить переписку со стороны Эсно-Пельтри. В июле 1928 г. он выслал Годдарду свою новую, довольно объемную работу по проблемам «астронавтики» (это был новый тогда термин), а также бланки для заполнения на «премию РЭП-Гирша», основанную незадолго до того во Франции. Премия в размере 5 тыс. франков выдавалась за теоретические достижения в области космонавтики. Годдард, однако, поблагодарив за присланную работу и выдвижение на премию, отказался претендовать на нее, поскольку считал себя «не готовым представить завершенные результаты, а предлагать отдельные фрагменты работы едва ли достойно для рассмотрения на премию» [5, р. 647]. В декабре того же года Эсно-Пельтри на месяц приехал в Нью-Йорк и предложил Годдарду встретиться там, поскольку был «не в состоянии попасть в Вустер». Годдард в это время, как мы знаем, готовил к запуску третью ракету («кринолин»). Встреча двух пионеров космонавтики так и не состоялась. Не состоялась она и в январе 1931 г., когда Эсно-Пельтри снова прилетел в Америку. Годдард тогда был далеко от Нью-Йорка, в Нью-Мексико, и приехать на встречу снова отказался.

Наконец, в сентябре 1935 г. Эсно-Пельтри еще раз предложил Годдарду баллотироваться на премию и обратился к нему с просьбой прислать хотя бы краткий отчет о ракетных разработках за последнее время. На этот раз Годдард отнесся к предложению более благосклонно, но отчет пообещал выслать не ранее зимы, тогда им готовилась к отсылке в Смитсоновский институт опубликованная в 1936 г. работа «Разработка ракет на жидком топливе» [2]. Эсно-Пельтри согласился подождать до Нового года. Но в ноябре получил от Годдарда письмо, в котором

тот вновь отказывается от притязаний на премию, аргументируя отказ тем, что подготовленный доклад охватывает лишь ракетные разработки с 1930 г., но совершенно не содержит результатов исследований в области космонавтики. На этом контакты Эсно-Пельтри и Годдарда фактически прекратились.

В завершение главы приведем несколько строк из письма Годдарда Герберту Уэллсу, которое он послал 20 апреля 1932 г.: «В 1898 г. я прочитал Вашу „Борьбу миров“. Мне было 16 лет, и новые точки зрения на применение науки, как и неотразимый реализм этой книги, произвели на меня глубокое впечатление. Спустя почти год после этого я все еще был целиком зачарован ею и решил, что то, что консервативно можно было назвать „исследованием больших высот“, было самой пленительной проблемой, которая только существует... Я не знаю, сколько еще лет я буду работать над этой проблемой, но надеюсь, пока я жив, я буду этим заниматься. Нельзя и подумать, чтобы все это прекратить, ибо „стремление к звездам“ как в прямом, так и в переносном смысле является проблемой, которая займет умы будущих поколений, так что не имеет значения, чего добьется один человек» [5, р. 821—823].

Но в это время Годдард был уже далек от космических идей и все свои силы отдавал созданию высотных жидкостных ракет.

Ракетные разработки 30-х годов

Испытания в Кемп-Девенсе

Лето 1929 г. во многих отношениях оказалось переломным для Годдарда. Прежде всего к нему самому пришло ощущение, что завершен какой-то важный этап жизни и деятельности и надо подвести итоги. Годдард собирает все свои записи и фотографии и составляет из них два тома материалов*.

Вместе с тем раздутый прессой после полета ракеты в июле 1929 г. ажиотаж поставил перед Годдардом совершенно новые проблемы, связанные с его «паблисити». Теперь вокруг фермы Уорд буквально толпились репортеры и просто любопытные. Нередко из ближайшей рощи на пусковую башню нацеливались телеобъективы, а в непосредственной близости гуляли любители сувениров. В таких условиях работать и тем более сохранять секретность было, конечно, невозможно. Но, оказывается, работы на ферме было трудно продолжать и по другой причине. Местные пожарные власти захотели установить контроль над деятельностью Годдарда и выдавать ему разрешение на каждое испытание. Таким образом, возникла необходимость найти новое место для экспериментальной работы, удаленное от населенных пунктов, скрытое от посторонних глаз.

Такое место очень скоро нашлось вблизи полузаброшенного армейского полигона Кемп-Девенс (позже — Форт-Девенс). Когда-то здесь помещался армейский тренировочный лагерь, и от него остались постройки и пустыри. Лагерь располагался в 40 км от Вустера и в полутора

* Все материалы Годдарда по ракетным и другим исследованиям составили 27 томов [5, р. 688].

километрах от ближайшего населенного пункта. Неподалеку была железнодорожная станция. Лучшее место, казалось, трудно было придумать. На перенос туда работ, однако, требовалось разрешение военных, и Годдард обратился за помощью к Абботу. При этом Годдард предложил выдвинуть в качестве аргумента, который мог бы повлиять на военных, значение ракет «для национальной обороны». И в частности — в качестве противосамолетных средств с радионаведением.

Аббот приложил немало усилий, лично встречался с военным министром, и в октябре разрешение на оборудование полигона в Кемп-Девенсе было получено. Разрешение это, правда, имело несколько ограничений: во-первых, оно было выдано только на шесть месяцев, во-вторых, пускать ракеты разрешалось только в дождливое время или когда уляжется снег (очевидно, по противопожарным соображениям), в-третьих, пускать ракеты можно было только на небольшие высоты.

В связи с этим, а также с соображениями чисто технического порядка Годдард решил в Кемп-Девенсе летных испытаний вообще не проводить, а уделить внимание статическим испытаниям с целью повышения «эффективности сгорания топлива в камере» [4, р. 2]. Две ракеты для этих целей были у него уже подготовлены.

В ноябре в Кемп-Девенсе была смонтирована перевезенная из Обурна 18-метровая башня и возведены металлическая ширма высотой около 6 м, защищающая балнию с трех сторон от ветра, и деревянное укрытие (в 15 м от башни) для управления и наблюдения за испытаниями. Предстояла большая работа с тонкостенными охлаждаемыми камерами сгорания. Заметим, что Годдард, начиная с 1927 г., не применял точеных, тем более литых камер даже в экспериментах — только спаянные из листового металла, поскольку все время стремился к облегчению камеры. Этим он создал себе, конечно, проблему прочности.

В декабре, после четырехмесячного перерыва, в Кемп-Девенсе начались огневые испытания ЖРД. Собственно испытывался, как всегда, не просто двигатель, а полностью собранная, но не предназначенная для полета ракета. Измерителем тяги служила пружинная балансная система, рассчитанная на 230 кг. Ракета уравнивалась с помощью железных грузов. Давление в обоих ба-

ках создавалось газообразным кислородом, получаемым из жидкого в специальной газогенераторной камере, и достигало максимально 10—14 атм. Система клапанов позволяла организовать своевременную подачу компонентов в камеру, предохраняла от чрезмерного повышения давления и попадания газов в опорожненные баки. В основном она была сходна с системой, применявшейся в Обурне в 1928 г.

Как уже говорилось, основной задачей Годдарда на этом этапе было повышение эффективности камеры сгорания, а также общей надежности камеры. Задачи же повышения тяги и удельной тяги (т.е. величины тяги на единицу секундного расхода топлива) Годдард впрямую не ставил, хотя, конечно, с параметрической точки зрения разницы между скоростью истечения и удельной тягой нет. Испытания проводились с камерами различной конфигурации, которые паялись из тонкой листовой стали и охлаждались изнутри завесой из бензина.

К сожалению, нам неизвестны расчеты и конструктивные соображения, из которых исходил Годдард при выборе форм и размеров камер сгорания. Отсутствуют также чертежи или схемы. В нашем распоряжении имеются только краткие описания конструкций и результатов испытаний. Исходя из последующего хода развития ракетной техники, можно, конечно, логически объяснить те или иные решения. Но некоторые вещи остаются непостижимыми.

Почему, например, первая камера, подвергшаяся испытанию в Кемп-Девенсе, имела квадратное сечение? Трудно объяснить. Нам кажется, что сомнений в невыгодности такой формы хотя бы с точки зрения охлаждения, прочности и технологичности у Годдарда не должно было быть. Камера эта * уже в самом первом испытании 3 декабря 1929 г. взорвалась.

Главный вопрос, которому Годдард уделял внимание в первой серии испытаний, была организация впрыска топлива в камеру. В первом испытании применялась плоская головка с большим количеством (несколько десятков) форсунок «пробчатого» типа, или «плаг» (plug-type).

* Некоторые дополнительные сведения об испытанных Годдардом в 1929—1940 гг. жидкостных двигателях и ракетах приведены в Приложении (с. 221).

Такая форсунка представляла собой пробку в наконечнике трубки, имевшую несколько отверстий, которые создавали сплошную коническую струю жидкости. На каждую бензиновую форсунку было две кислородных форсунки, причем струи перекрещивались под углом 45° . Кроме того, около 300 маленьких отверстий на периферии головки предназначались для создания охлаждающей завесы. Как видим, на этом этапе Годдард перешел к принципиально иным по сложности решениям.

Хотя взрыв при первом испытании произошел из-за задержки в подаче горючего, во втором испытании, «чтобы снизить теплоемкость головки», были применены другие форсунки — типа «дент» (dent-type). В стенках трубок квадратного сечения, лежавших в плоскости головки, со стороны пространства камеры были сделаны конические вмятины, в которых сбоку были просверлены по три отверстия. Первая камера с этими форсунками развила тягу около 11 кг, но неожиданно корпус ее вздулся и порвался. В следующем испытании — прогар, а 14 декабря квадратная камера работала 6 с и развила тягу 66 кг. При этом была получена удельная тяга 70 с*.

После этого Годдард, «чтобы уменьшить опасность разрыва», перешел на обычные цилиндрические камеры, сваренные из пружинной стали толщиной 0,8 мм. Камера имела внутреннее теплозащитное покрытие из алундума. Огневые испытания двух таких камер проведены 4 февраля 1930 г. Камеры (одна с форсунками «плаг», другая — «дент») развили тягу до 60 кг, но обе прогорели через 2—4 с; первая — в стенке, вторая — в головке. Давление в баках достигло 10,5 атм.

Заметим, что в это время Годдард уже не был единственным, кто занимался созданием жидкостной ракетной техники. Еще осенью 1929 г. первые в Европе эксперименты по горению жидких топлив провели Г. Оберт и М. Валье (Германия). В январе 1930 г. Валье испытал первый в Европе ЖРД (17 мая 1930 г. он погиб при взрыве камеры ЖРД).

В апреле 1930 г. в США было создано Американское межпланетное общество, переименованное позже в Аме-

* Здесь и далее для краткости вместо определяемой Годдардом скорости истечения мы будем приводить значение удельной тяги, причем размерность кг·с/кг будем обозначать просто «с».

риканское ракетное общество (American Rocket Society — ARS). При обществе возникла экспериментальная ракетная группа во главе с Э. Пендреем. На предложение стать почетным членом общества Годдард ответил отказом.

В марте Годдард испытал другую пару камер, причем обе с форсунками типа «плаг» (как выяснилось, «дент»-форсунки нагреваются больше). Отличия камер состояли в устройстве головок. У первой было всего 10 форсунок (поровну для каждого компонента), которые подавали струи топлива в общий фокус. Кроме того, в головке имелась кольцевая труба с щелевидными отверстиями, через которые вдоль стенок подавался бензин для охлаждения. Вторая камера имела значительно большее количество маленьких форсунок и перфорированную кольцевую трубу для создания завесы охлаждения. Испытания первой камеры закончились ее разрывом на первой же секунде (тяга достигла 32 кг) из-за плохой работы клапана подачи бензина, второй — прогаром после 4 с работы (тяга около 70 кг) из-за разрушения теплозащиты головки камеры.

Два вывода сделал Годдард из этих испытаний: первый — необходимо тщательно охлаждать головку жидким кислородом перед пуском, второй — технологические проблемы многофорсуночных головок могут свести на нет все их преимущества с точки зрения организации процесса горения. Пришлось также констатировать, что скорость истечения по сравнению с камерой ракеты, летавшей в июле 1929 г., увеличить пока не удалось. И все же Годдард решил еще раз испытать 10-форсуночную головку. А чтобы убедиться в ее достоинствах, сначала провести испытания камеры точно такой же конструкции и размеров, что и на ракете 1929 г., с тремя форсунками — осевой для кислорода, создающей полый конус, и парой щелевых тангенциальных для бензина. А уже после этого испытать камеру с 10-форсуночной головкой.

Эти сравнительные испытания состоялись 13 марта 1930 г. (размеры камеры, выполненной из мягкой стали, были близкими к предыдущим) и дали поначалу плачевные результаты. Первая камера порвалась через 1 с (тяга достигла 45 кг), вторая работала 4 с, но тягу почти не создала и прогорела. Но уже повторные испытания в апреле обозначили заметный успех. Первая камера работала рекордное время — 25 с и развила тягу до 45 кг при давле-

нии в баках до 16 атм. В следующем испытании эта же камера развила в течение 10 с рекордную тягу 77 кг при давлении в баках до 16 атм и расходе топлива около 0,5 кг/с. Была также достигнута, по-видимому, рекордная удельная тяга — 170 с. Хотя сам Годдард в этот период считал, что практическая удельная тяга может быть в пределах 140 с (а в перспективе достигнет 300 с).

В апреле же испытывалась камера с новым видом охлаждения. Камера и сопло были выполнены из пористого материала на основе алундума и имели тонкостенный никелевый кожух (вес камеры — 7 кг). В пространство между стенкой и кожухом подавался жидкий кислород, который затем просачивался внутрь камеры. Подача бензина была осевой. Бензина по каким-то причинам поступало недостаточно, но камера работала хорошо (тяга около 20 кг держалась в течение 8 с) и — редчайший случай — не прогорела, хотя пористая стенка частично растрескалась. Тем не менее Годдард оценил этот результат столь редким в дневниках этого времени буквосочетанием «ОК».

25 апреля истек срок разрешения на пользование участком в Кемп-Девенсе, а в мае были израсходованы последние доллары из субсидии Смитсоновского института. И хотя Абботу удалось добиться продления разрешения, а Годдарду удалось получить еще 5 тыс. долларов (источник средств был новый — институт Карнеги), тем не менее стало очевидным, что нормальный ход разработок требует уже не тысяч, а десятков тысяч долларов. Без этого нечего было и думать о серьезных результатах в ближайшее время.

Последние испытания в Кемп-Девенсе состоялись 30 июня 1930 г. На стенде была установлена — впервые после 1927 г. — камера с внешним кожухом, предназначенным для испарения жидкого кислорода с последующей подачей газообразного кислорода на наддув топливных баков. Как и ранее, этот кожух, по-видимому, не рассматривался в качестве основного средства охлаждения, поскольку применялась также бензиновая завеса (тангенциальный целевой впрыск). Зазор между камерой и никелевым кожухом был 12,5 мм, в полости имелись перфорированные перегородки, препятствующие быстрому прохождению кислорода в сопловую часть кожуха (кислород поступал возле головки, а выходил у обреза сопла). Вес камеры с кожу-

хом 3,3 кг. При попытке включения камеры отказал воспламенитель, и давление в кожухе возросло настолько, что стенка камеры была вмята.

На этом работы в Кемп-Девенс завершились. В целом они прошли, конечно, успешно — ЖРД работал до 25 с и развивал тягу почти 80 кг. Из 15 стендовых огневых испытаний 8 рассматривались Годдардом как вполне удачные, причем дважды камера осталась неповрежденной, а в нескольких случаях получила только деформацию. Это означало, что охлаждение камеры — вполне реальная вещь. Не удалось, правда, добиться надежной работы завесного охлаждения, но испарительное оказалось вполне надежным. Необходимо было только повысить прочность пористой стенки и жесткость кожуха.

Итак, закончился еще один этап работы Годдарда с жидкостной ракетной техникой. А примерно через месяц после этого, в июле 1930 г., в Германии испытывал свой ЖРД «Кегельдюз» с тягой 7 кг Г. Оберт. В это же время пытался запустить свои простейшие жидкостные ракеты «Мирак» Р. Небель. В 1930 г. работы по ЖРД развернулись в Советском Союзе. Монополия Годдарда перестала существовать.

Субсидия Гутгенхейма

Итак, летом 1930 г. Годдард покинул Кемп-Девенс. Но если еще весной положение казалось критическим, то теперь настроение стало совершенно иным. Годдард находился в преддверии важных для него событий. Но вернемся на несколько месяцев назад.

22 ноября 1929 г. в доме Годдарда раздался телефонный звонок. Звонил полковник Чарльз Линдберг, летчик, в те годы один из самых популярных людей Америки. Тот самый, который в мае 1927 г. впервые пересек Атлантический океан на одноместном самолете. Перелет Линдберга вызвал в США бурное развитие интереса к авиации, а его самого сделал весьма влиятельным человеком. Перед ним открылись двери самых богатых домов Америки. Линдберг втянулся в крупный бизнес и занялся политикой. Здесь он, к сожалению, снискал себе совершенно иную славу — одного из лидеров реакционной группы, противостоявшей политике президента Ф. Рузвельта и под-

держивавшей дружеские отношения с фашистской Германией [172, с. 215].

Линдберг, будучи опытным авиатором, одним из первых почувствовал, что возможности самолетов с винтомоторной установкой весьма ограничены. Нужны двигатели принципиально иного типа. Внимание его привлекла реактивная тяга, и он всюду искал встреч с редкими тогда специалистами в этой области. Надо сказать, что поддержки в своей стране он почти не находил. И вот неожиданно его внимание привлекла заметка в нью-йоркском «Таймсе» о работах Годдарда.

Для Годдарда это была, конечно, редкостная удача. Все произошло как в прекрасной сказке. Так уж устроена эта великая и богатая страна. Будь ты хоть семи пядей во лбу, имей уникальный талант и трудолюбие, но если нет удачи, нет поддержки сильных мира сего, едва ли сможешь достичь выдающихся результатов. Особенно в деле, которое требует денег и не сулит скорых барышей. А именно таким делом были тогда жидкостные ракеты.

Уже на следующий день после звонка Линдберг приехал к Годдарду в Вустер. Разумеется, в отличие от большинства других людей, жаждущих встреч с конструктором ракет, он был принят гостеприимно. Целый день они провели в беседах, и Линдберг не только хорошо представил себе возможности ЖРД для самолетов, но и проникся идеями Годдарда о будущем ракет, а заодно и его заботами. Главными заботами были, конечно, деньги (тогда Годдард оценил свои потребности в 100 тыс. долларов на срок 4—5 лет) и место для испытаний. Через 4 дня Годдард едет в Вашингтон и там Линдберг представляет его самому Г. Дюпону. Но Годдард оставался Годдардом, и когда при встрече с Дюпоном эксперты его фирмы начали интересоваться деталями ракетных разработок, он прервал разговор. Встреча с Дюпоном не привела к успеху, поскольку перспектива военного применения ракет была слишком далека.

Из Вашингтона в Нью-Йорк Годдард впервые в жизни летел на самолете, личной двухместной машине Линдберга. О встречах с Линдбергом и Дюпоном он подробно сообщил Абботу.

Не отказавшись от желания принять участие в делах Годдарда, Линдберг решил обратиться к президенту ин-

ститута Карнеги профессору Мерриаму. 10 декабря 1929 г. ему удается организовать в Вашингтоне совещание, в котором участвовали Мерриам, Аббот, Годдард и несколько ученых из института Карнеги. На совещании были единодушно подтверждены важные научные возможности высотных жидкостных ракет и справедливость финансовых притязаний Годдарда. Но это были только научные рекомендации. Необходимо было найти источник финансирования. Впрочем, совещание закончилось не только рекомендациями — институт Карнеги выделил Годдарду текущую субсидию в размере 5 тыс. долларов, о которой мы уже говорили.

Годдард тоже не прошел мимо забот Линдберга, вернее, его интересов, связанных с созданием новейших двигательных установок для самолетов. Уже в марте 1930 г. он испытал небольшую модель самолета с двумя винтами, имеющими бандаж с турбинными лопатками. Привод турбинных винтов осуществлялся небольшим пороговым двигателем. Над идеей ракетной турбины для самолетов, которую он запатентовал в июне 1931 г. (патент США № 1809271), Годдард понемногу работал в течение нескольких лет.

Почти полгода от Линдберга не было никаких вестей, но к концу мая 1930 г. он позвонил в Вустер и объявил Годдарду о своей «находке». Согласие безвозмездно финансировать работы Годдарда дал крупный американский промышленный магнат и финансист Д. Гуггенхейм. «Находка» эта не была, конечно, случайной — Линдберг был дружен с его сыном Гарри, бывшим военным летчиком.

Уже в начале июня было подписано соглашение, согласно которому Годдард получал по 25 тыс. долларов в год в течение двух лет, а затем, в случае положительного отчета специально созданной наблюдательной комиссии, еще по 25 тысяч в следующие два года. Итого — те самые желанные 100 тысяч. В комиссию вошли по существу все участники декабрьского совещания и еще несколько ученых. Научное руководство возлагалось на Смитсоновский институт, финансовый контроль — на Кларковский университет. Одновременно руководство университета приняло решение об освобождении Годдарда от преподавательской работы на четыре года. Главной задачей разработок ставилось создание надежной стабилизируемой в полете ракеты с высотой подъема до 10 км.

Новый полигон

23 июня 1930 г. в университете был получен первый чек на 25 тыс. долларов, а уже через месяц Годдард и его группа обосновались на новом месте.

Место это — близ Розуэлла, на юго-западе штата Нью-Мексико — было выбрано «по карте», с помощью специалистов по метеорологии, климатологии и топографии. Вокруг на десятки миль пустыня с низкой растительностью и только в 100 с лишним километрах начинаются лес и горы. Впрочем, весной, когда зацветают луга, здесь очень зелено и красиво. Летом же очень жарко — температура временами достигает 40°C. Следовало бы оценить мужество Годдарда и его преданность своему делу — прожив 47 лет на востоке США, в атлантическом климате, он решительно покидает Новую Англию вместе с комфортом родительского дома в Вустере.

Кто же входил в то время в группу Годдарда и поехал с ним на Запад? В основном все те же: слесари Г. Закс и А. Киск, технический помощник Л. Мансур, а также его брат механик Ч. Мансур, причем почти все — с семьями. Весной 1931 г. к группе присоединился слесарь Н. Лjungквист. Разумеется, полноправным членом группы была и миссис Годдард, как всегда отвечавшая за фото- и кино съемку.

В 5 км от Розуэлла купили одноэтажный дом (с участком в 8 акров), построенный в испанском стиле и носивший название «ранчо Мескалери». Неподалеку выстроили небольшой барак площадью 170 кв м, где была оборудована механическая мастерская. Сюда же привезли пусковую 18-метровую башню ветерана и установили ее вдали от жилых помещений — почти в 25 км от ранчо. Но для статических огневых испытаний вблизи мастерской воздвигли другую башню высотой 6 м, сваренную также из стальных уголков. В ней можно было замерять тягу ЖРД до нескольких сотен килограммов, причем баланс достигался с помощью четырех стальных бочек, наполненных водой, общим весом до 910 кг. Для фиксации изменения тяги по времени примыслился самописец. Таким образом определялась не только максимальная тяга и ее устойчивость, но и полный импульс ракеты. В 15 м от пусковой башни сделали блиндаж с бетонной крышкой для

управления пуском, а в 300 м построили будку для наблюдений за полетом ракет (позже из нее стали управлять пуском). Для определения траектории полета применяли специальную оптическую трубу с самописцем, которая устанавливалась в 900 м от башни и фиксировала изменения по времени высоты и азимута. У обеих башен устроили бетонные дефлекторы и проложили углубленные в грунт металлические трубы диаметром 20 см для отвода истекающих газов. Осенью 1930 г. оборудование полигона и подготовка к испытаниям были закончены, и 29 октября первая камера испытывалась в «статической башне». А через 2 месяца была запущена первая ракета.

С чего начал Годдард испытания в Нью-Мексико? Почти тех же размеров, что и в Кемп-Девенсе (а значит, и у ракеты 1929 г.), камеры, но с испарительным кожухом вокруг сопла и нижнего конуса корпуса. Бензиновая завеса оказалась достаточной для охлаждения корпуса камеры (головка была покрыта изнутри огнеупорным цементом), а короткий, но горячий кожух вполне справлялся с испарением жидкого кислорода, предназначенного для наддува баков. При этом не было опасности деформации камеры внешним давлением. Как и раньше, в баке горючего был установлен поплавок, чтобы капли кислорода не попадали в пары бензина. Форсунки были те же — осевая для кислорода и две тангенциальных для горючего. Для пуска камеры применялся кислородный газогенератор, укрепленный на башне. Первое же испытание оказалось удачным. Камера проработала 20 с, развив тягу 64 кг при давлении в баках 10—14 атм. Но в конце испытаний бак горючего все же взорвался. К тому же испарительно-охладительный кожух сопла деформировался. Тогда Годдард решил сделать его не из листа, а из медных трубок, протянутых между двумя кольцевыми коллекторами вдоль сопла. Чтобы исключить взрыв бака горючего в момент его опорожнения, давление в нем стравливалось, что фиксировалось индикатором. В двух испытаниях камеры успеха добиться не удалось, но в третьем (26 ноября) она работала 18 с, развивая тягу более 45 кг, причем давление в баках было рекордным — 17,5 атм.

Оказалось, однако, что подачу жидкого кислорода в трубчатый испарительный кожух регулировать очень сложно. А что, если вообще отказаться от использования для наддува жидкого кислорода и укрепить на ракете

баллон с газообразным кислородом под давлением? Это упростит систему и уменьшит опасность взрыва бака.

Уже 10 декабря на стенде стояла новая ракета с обычной камерой. Компоновка же ее была необычной: между топливными баками установлен большой цилиндр с коническими днищами. Это — кислородный баллон с манометром. Баллон должен был наполняться от наземного газогенератора перед стартом. Другое важное новшество: поверхность кислородного бака закрывалась слоем фетра с алюминиевой фольгой снаружи, причем на цилиндрической части бака это покрытие состояло из двух половин, было съемным и для повышения давления сбрасывалось непосредственно перед освобождением ракеты. Ракета, как и в 1929 г., имела каркас из двух алюминиевых стержней, небольшой четырехлопастной стабилизатор и парашют под носовым обтекателем, который должен был раскрыться в начале снижения ракеты от набегающего потока воздуха. Обшивки по-прежнему не было

Управление пуском осуществлялось, как и прежде, из блиндажа с помощью шнуров. О включении топливных клапанов (по достижении нужного давления) сигнализировали лампочки. Разгон ракеты в башне осуществлялся по направляющим роликам. Чтобы увидеть вращение ракеты в полете вокруг продольной оси, один квадрант всех ее емкостей был выкрашен в красный цвет.

Первая попытка запуска не удалась, а во второй попытке 30 декабря 1930 г. ракета поднялась в воздух. Хотя двигатель работал всего 8,5 с, ракета хорошо взлетела и, почти не вращаясь, описала довольно плавную дугу («словно стрела»), упав на землю в 300 м от башни. Высота полета 600 м! Скорость 800 км/ч! Парашют, правда, не успел раскрыться полностью, и ракета при падении была повреждена, но камера сгорания оказалась совершенно целой, а главное — почти весь полет был заснят на кинолентку. Торжество полное и заслуженное.

Этим (пятым) своим запуском жидкостной ракеты Годдард завершил первый этап работы в Розуэлле. Впереди, до следующего полета, снова месяцы кропотливой конструкторской и испытательной работы. В первые же дни нового, 1931 г. Годдард послал отчет — теперь уже не в Смитсоновский институт, а председателю наблюдательной комиссии. Отчет этот не обнаружен, но можно предположить, что в нем, как обычно, содержался сдер-

жанный и лаконичный рассказ о событиях и намечался план дальнейших действий.

А план был насыщенным и очень разнообразным. Годдард по-прежнему стремился поднять эффективность ЖРД, т. е. увеличить скорость истечения газов (удельную тягу). Путь к этому он видел все в том же: в совершенствовании впрыска топлива и поиске оптимального соотношения компонентов. Но кроме того, Годдард вновь занялся поиском наилучших размеров и формы камеры сгорания.

Другими направлениями работ были: усовершенствование системы наддува баков (кислородный баллон оказался слишком тяжелым по отношению к остальной конструкции) и создание электрического управления пуском ракеты. Кроме того, Годдард возобновил работы по гироскопической стабилизации, начатые еще в 1927 г., но тогда же прерванные, а также стал думать над созданием специальных научных приборов для установки на ракете.

На этом этапе засекречивание Годдардом своих исследований уже вполне оправдывалось складывающейся обстановкой. В начале 30-х годов крупнейшие капиталистические страны широко развернули работы по созданию новых видов вооружения. Особенно интенсивно развивалась авиация. В связи с этим вновь стали вырисовываться военные возможности ракет. До Годдарда доходили слухи о начале крупных ракетных исследований в Германии. Поэтому в январе 1931 г. он обратился в институт Карнеги с просьбой содействовать продлению срока действия своих ракетных патентов 1914 г. [31]. Особо обращалось внимание на их значение «для национальной обороны» — для ускорения взлета и увеличения скорости полета самолетов, использования в качестве зенитных ракет, а также как артиллерийского средства (т. е. ракет дальнего действия). Несмотря на деятельную поддержку Аббота, военные ведомства США и на этот раз не проявили интереса к ракетам.

В целях сохранения секретности Годдард при уходе от него сотрудников брал с них специальную подписку. В феврале 1931 г. группу покинул Закс, проработавший с Годдардом почти 7 лет: «Я, м-р Генри Закс, настоящим обязуюсь не разглашать что-либо из полученных результатов или разработанных методов по ракетам, в ра-

ботах над которыми я помогал м-ру Р. Годдарду в течение 1924—1931 гг.» [5, p. 785].

Но вернемся к самим этим работам. Неудивительно, что после декабрьского полета ракеты в институте вновь возникли разговоры о публикации хотя бы основных результатов экспериментов. Годдард по-прежнему категорически возражал, сославшись на то, что ему нужно сначала завершить текущий этап работ. Свою позицию Годдард подтверждает очередным отказом от посещения его полигона наблюдателями и от созыва совещания с его отчетным докладом. Тогда же Годдард заявил, что не мешало бы ввести контроль над популярными статьями по ракетной технике: надо, чтобы они создавали достаточно серьезное отношение к будущему этой области.

А тем временем шла подготовка к запуску жидкостных ракет в Европе. 14 марта 1931 года И. Винклеру (Германия) первым после Годдарда удалось добиться успеха. Его ракета, двигатель которой работал на жидком метане и жидком кислороде, весила перед стартом 5 кг и достигла высоты 300 м. В мае — августе того же года в Германии было запущено также несколько простейших по конструкции жидкостных ракет семейства «Репульсор», работавших на бензине и жидком кислороде. При этом были достигнуты высоты в несколько километров.

С января по май 1931 г. Годдард провел 11 статических испытаний, причем со второго по восьмое впервые испытывалась сферическая камера сгорания. Причину интереса к такой камере понять нетрудно: сфера дает минимальные вес и поверхность охлаждения при том же объеме. Камера сваривалась из двух полусфер, выдавленных из никелевого стального листа. Интересно, что уже тогда Годдард занимался бериллием как конструкционным материалом, но он оказался очень дорог — 220 долларов за 1 кг. Подача компонентов в камеру, по сравнению с ранее принятой, осуществлялась наоборот: бензин аксиально, а кислород тангенциально. Завесное охлаждение стенки осуществлялось теперь кислородом. Внутри камеры имелся конический дефлектор. В целях повышения надежности применялось дополнительное охлаждение камеры водой, подаваемой в специальный кожух.

При испытаниях, в которых варьировались соотношения компонентов (от 0,8 до 4,5) и размеры сопла, эта камера работала до 25 с и развивала тягу до 48 кг.

По-видимому, сферическая камера не удовлетворяла Годдарда, и в мае он снова и навсегда вернулся к цилиндрической. При этом был сделан вывод, как писал Годдард в отчете за 1931 г. в наблюдательную комиссию [33], что эффективная работа камеры зависит главным образом от ее размеров и что следует ожидать скорости истечения 2000 м/с [6, с. 245]. В мае было проведено 3 испытания, при этом Годдард вновь вернулся к трубчатому испарительному кожуху у сопла для газификации кислорода, подаваемого на наддув баков. Сама камера была несколько крупнее предыдущих. Осевой впрыск кислорода осуществлялся через ротор. Бензин, как и раньше, подавался через две тангенциальные шнековые форсунки. Внутри трубок кожуха были протянуты проволоки, свернутые в спираль, что способствовало измельчению капель жидкого кислорода. Нашел также Годдард и способ избежать взрывов бензинового бака на стенде — перед самым его опорожнением через клапан наземного баллона в него подавался углекислый газ.

В мае проводились огневые испытания этой камеры. Система наддува работала неплохо — давление поддерживалось постоянным на уровне 12—14 атм, тяга была 65—77 кг, время работы — до 19 с*. При этом тяга оказалась очень устойчивой, колебания ее не выходили за пределы 5%. Некоторые камеры испытывались неоднократно.

Летные испытания новой ракеты отложили до осени, но 29 сентября 1931 г. она взлетела с первой попытки. Это была во многих отношениях этапная ракета (рис. 25). Во-первых, она имела обшивку, выполненную из полумиллиметрового дуралюминиевого листа и прикрепленную к двум трубам каркаса. В обшивке имелись люки для доступа к органам системы регулирования. В головной части был установлен длинный конический обтекатель. Все наружные питающие трубы также закрыты обтекателями. В нижней части имелся четырехперьевой стабилизатор. Во-вторых, парашют укладывался теперь в отсеке между баками и выпускался после сброса части обшивки по команде часового механизма, электрический сигнал от ко-

* В работе, изданной Годдардом в 1936 г. [2], отмечалось, что тяга в этой серии испытаний достигала 131 кг, а время работы превышало 20 с.

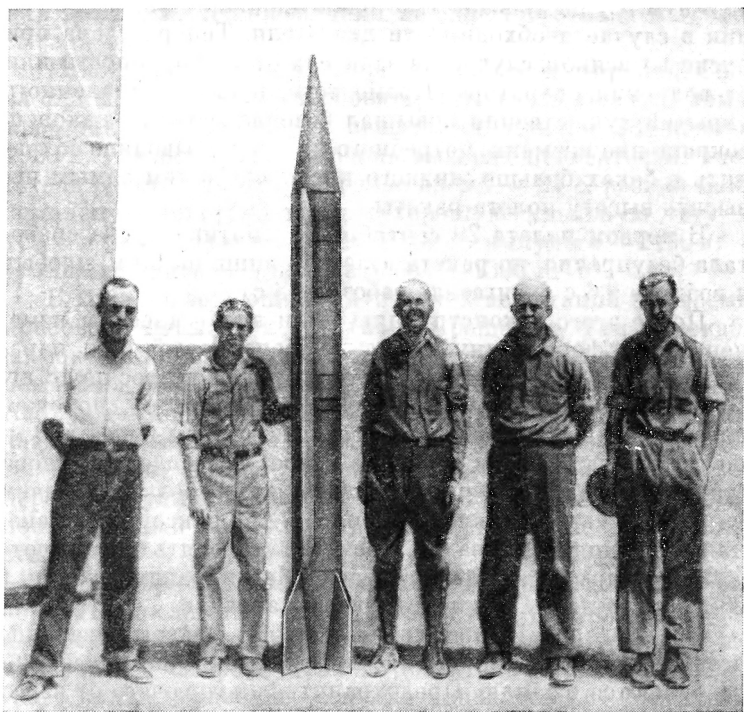


Рис. 25. Группа Р. Годдарда возле ракеты, испытанной в полете 29 сентября 1931 г.

Слева направо: Л. Мансур, К. Мансур, Р. Годдард, А. Киск, Г. Закс

торого подавался на взрывные болты через 25 с после старта.

Третье новшество касалось системы управления пуском. Вместо ручного контроля, который до этого с помощью десятка кордов осуществляли три человека (пуск длился более 1 мин), теперь действовала автоматика. Достаточно было замкнуть электроцепь, нажав единственную кнопку в будке, расположенной в 300 м от башни, как начинала действовать система падающих грузов, которые освобождались взрывными болтами и последовательно за 9 с выполняли все предпусковые операции. Ракета освобождалась в момент, когда давление в баках достигало

13,3 атм. Существовала еще одна кнопка — для выключения в случае необходимости двигателя. Теперь удача при пуске во всяком случае не зависела от расторопности или от волнения оператора. Кроме того, пуск из отдаленного укрытия существенно повышал безопасность. И, наконец, сокращение времени, потребного на пуск, позволяло сохранить в баках больше жидкого кислорода и тем самым повысить высоту полета ракеты.

В первом полете 29 сентября автоматика пуска сработала безупречно, но ракета взлетела лишь на 60 м, пробыв в воздухе 9,6 с (двигатель работал 13 с).

После этого в конструкцию были вновь внесены изменения — в форсуночную головку, бензиновый бак, парашютный отсек, обшивку. Вес конструкции возрос до 18 кг. Новая ракета взлетела в воздух 13 октября и, «похожая на рыбу, плывущую вверх», достигла высоты более 500 м, но там взорвался бак горючего. Через две недели — снова старт (и снова ему предшествовали доработки), причем на борту был установлен самописец для фиксации изменения давления наддува по времени. И опять на высоте 400 м — взрыв бензинового бака. Части ракеты упали в 280 м от башни. Весь полет продолжался 9 с.

Все, казалось бы, идет неплохо. Но ракеты, уверенно оторвавшись от башни, либо взрываются в воздухе, либо разбиваются о землю. Предохранить бак горючего от взрыва в результате смешения паров бензина и капель кислорода никак не удастся. Не ладится отработка парашютной системы. Где же выход? Решение было найдено, и оказалось оно внешне очень простым. Раз так трудно совладать с кислородом, надо вообще исключить его попадание в бензиновый бак, т. е. прекратить использование его для наддува.

А чем создавать давление? Конечно же, всего лучше инертным газом — азотом.

Уже 18 ноября, через 20 дней после полета последней ракеты с кислородным наддувом, была осуществлена попытка запустить ракету новой конструкции. Между камерой и кислородным баком размещен бак с жидким азотом, с теплоизолирующим войлочным покрытием. Испарение азота происходило в трубчатом кожухе, охватывающем всю камеру, а не только сопло. Были внесены и другие изменения: устройство для выпуска парашюта срабатывало теперь по сигналу датчиков давления в баках при его паде-

нии до 5 атм; теплоизоляция кислородного бака не сбрасывалась.

Ракета не взлетела — взорвалась камера сгорания. Снова пришлось думать, пробовать, искать. В течение зимы проведено 6 статических испытаний, причем 23 ноября 1930 г. удалось добиться очень высоких показателей: двигатель работал почти рекордное время — 24 с, развил максимальную тягу 123 кг, дал хорошую удельную тягу — 158 с и рекордную величину полного импульса — 2160 кг·с (ранее не удавалось получить более 1300 кг·с).

В ходе последующих статических испытаний все время пробовали новые конструктивные решения. Так, в декабре бак с жидким азотом был помещен... внутрь кислородного бака. Решение весьма остроумное, хотя и непростое. Азот подавался в испарительный кожух камеры (не трубчатый, а обычный, тонкостенный) с помощью небольшого термического насоса «пульсометра». Газообразный азот перед поступлением в топливные баки проходил через центробежный сепаратор, где отделялись капельки жидкости.

23 декабря двигатель проработал уже 31 с. Новый рекорд. Но после этого снова возврат к трубчатому кожуху и переход на насос мембранного типа с мембранным же приводом. 4 февраля 1932 г. двигатель проработал 32 с. Как видим, каждая секунда давалась с огромным трудом. При этом никак не удавалось создать надежный контроль давления. А между тем в это время Годдард вплотную подошел к решению совершенно иной, не менее важной, но еще более сложной проблемы.

Гироскопический стабилизатор

Можно, не боясь ошибиться, утверждать, что идею гироскопического управления летательными аппаратами Годдард пронес через все годы своей предшествующей творческой жизни. Судя по его автобиографии, использовать гироскоп для управления самолетом он предложил в письме редактору одного из журналов еще в 1901 г. В дневнике Годдарда можно прочесть: «25 октября 1902 г... экспериментировал с гироскопами утром и вечером». То же — еще несколько раз в том же и в следующем году. В 1905 г. он написал уже упоминавшуюся большую статью о гироскопическом управлении и стабилизации самолетов.

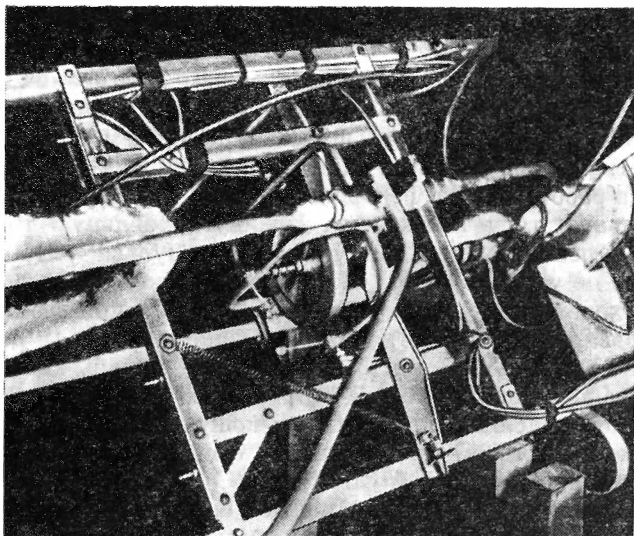


Рис. 26. Гироскопическое устройство для стабилизации ракеты в полете (1932)

В первом «космическом» докладе (1920) говорится о применении гироскопов уже для управления космическими аппаратами, а в третьем докладе (1924) — о стабилизации ракет. Та же схема с гироскопом и «боковыми двигателями» рассматривалась в 1929 г.

В 1927 г. Годдард приступил к первым разработкам. В дневниковой записи за 6 ноября 1927 г. читаем: «Проектировал управляющее устройство — гироскопы и рули в воздухе и вокруг сопла» [5, р. 624]. Ровно через год: «Проектировал установку гироскопа на ракете» [5, р. 651]. В январе 1929 г.: «Проектировал гироскопический стабилизатор, использующий „гиро“ для управления четырьмя управляющими рулями непосредственно в сопле» [5, р. 661]. В июле того же года, на следующий день после «шумного» полета, Годдард сообщает Абботу: «Я спроектировал — и это скачок — два гироскопических стабилизатора с общим весом 4,5 кг, но пока еще не установил их на ракету» [5, р. 675]. К декабрю имелся гироскоп весом 0,9 кг.

Вот так, медленно, но верно, Годдард подошел к одному из своих самых блестящих достижений. 19 апреля

1932 г. в Розуэлле впервые стартовала ракета с гироскопической системой стабилизации.

Конструкция камеры, баков и системы подачи этой ракеты практически не отличалась от предыдущих. Главные изменения были связаны с гиросуправлением. Сам гироскоп размещался между камерой и кислородным баком. Полукилограммовый латунный ротор диаметром 10 см (рис. 26) имел двухступенной карданный подвес с коммутаторными дисками. До пуска ракеты ротор и кардан находились в нерабочем положении. Освобождение и раскрутка ротора осуществлялись непосредственно после нажатия пускового ключа весьма хитроумным механизмом — намотанные на шпindel четыре рыболовных лески были пропущены через отверстия в обшивке и оттягивались вниз грузами по 2,3 кг. Освобождение грузов проходило последовательно, после чего ротор получал устойчивое вращение на 6—7 мин.

Как действовала далее система стабилизации? При отклонении ракеты вокруг поперечных осей (по тангажу или рысканью) на угол более 13° коммутаторное кольцо замыкало электроцепь и ток от сухих батарей подавался на один из двух электроклапанов, который перепускал сжатый азот под давлением 3,8 атм (от системы наддува и дополнительного баллона) в пару рабочих цилиндров, штоки которых были связаны с соответствующими рулями. Две пары плоских газовых (струйных) рулей могли независимо поворачиваться внутрь газового потока, отклоняя его в сторону от продольной оси ракеты. Снаружи газовых рулей были укреплены воздушные (аэродинамические) рули, так что при отклонении одной пары газовых рулей соответственно работала пара воздушных. Струйные рули шириной 2,5 см были выполнены из стали и покрыты алундумом. В нижней части ракеты имелся небольшой четырехперьевой стабилизатор. Но, как писал Годдард в работе 1936 г., «от неподвижных воздушных рулей... если применяется автоматическая стабилизация, можно вообще отказаться, чтобы свести к минимуму сопротивление воздуха» [2, р. 8] *

Применение гидроскопа позволило Годдарду вновь, уже в который раз, изменить конструкцию выпуска парашюта.

* Как известно, современные крупные ракеты почти не имеют стабилизаторов.

Теперь люк сбрасывался, когда ракета после достижения верхней точки полета поворачивалась на 130° по отношению к вертикали (центр давления был ниже центра тяжести ракеты), после чего замыкались специальные контакты гироскопа.

Ракета (рис. 27) без топлива весила 41,5 кг. Судя по данным о полном импульсе и о скоростях истечения в предыдущих испытаниях, запас топлива не превышал 15 кг, т. е. стартовый вес был около 57 кг и коэффициент наполнения был менее 30%. Почему такой низкий? Очевидно, первый образец гироскопической системы оказался очень тяжелым, и общей эффективностью ракеты пришлось пренебречь. При пуске все сработало нормально, давление в баках было 14 атм, но ракета очень долго «собиралась» в полет и он оказался слишком коротким — около 5 с. Поднявшись лишь на 40 м, ракета упала и разбилась.

Но Годдард торжествовал — одна пара газовых рулей оказалась теплее другой, что означало, что система стабилизации работала. А почему ракета плохо летела? Это было понятно — слишком велики рули, они перекрывали струю газа.

Через месяц, в мае, на старте стояла новая ракета, причем газовые рули были даже увеличены в размерах, но отодвинуты дальше от сопла. И вообще переделана почти вся система — и ротор, и коммутатор, и управляющий сервомеханизм, а заодно изменены и баки. В целом конструкция ракеты существенно облегчена — до 33,5 кг (по нашим оценкам вес топлива 20—25 кг, тяга 100—120 кг). Но, увы, пуск этой ракеты не состоялся — уже на старте прогорела камера.

Тем временем истекал второй год работы на субсидию Гуггенхайма. Надо было отчитаться перед комиссией. Заметим, что ни один из ее членов до сих пор в Розуэлле не был — Годдард не спешил с приглашениями. Но подробный доклад, представленный Годдардом на совещание комиссии 25 мая 1932 г. с приложением 120 м киноплёнки, произвел на комиссию огромное впечатление. Всего было проведено 21 статическое и 8 летных испытаний. Пять ракет летали. Менее чем за 2 года было израсходовано около 48 тыс. долларов, т. е. по 2000 долларов в месяц. Ряд сложных технических проблем можно было считать решенным. На окончательную отработку ракеты, казалось, нужно уже

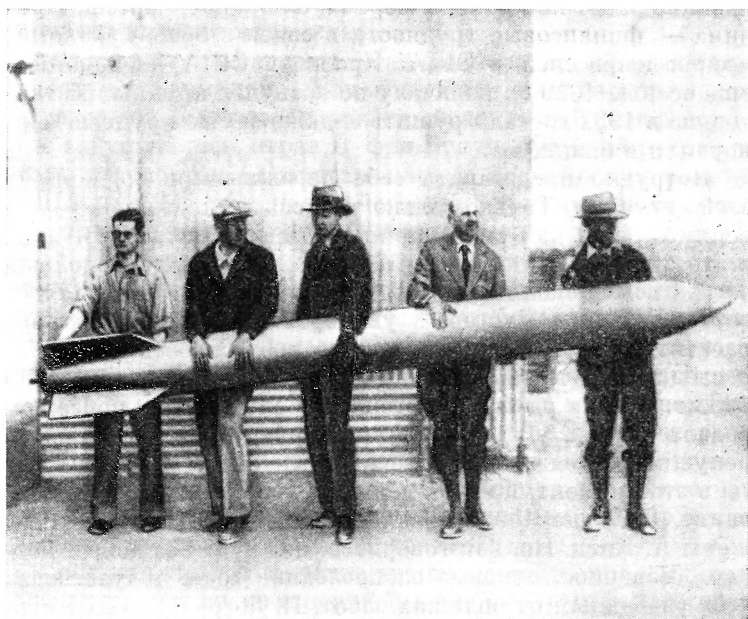


Рис. 27. Первая ракета с гироскопической стабилизацией, запущенная 19 апреля 1932 г.

не так много времени и средств. Задумывалась уже новая, почти фантастическая ракета, с ЖРД тягой 450 кг и высотой подъема до 1600 км.

Но новым планам не суждено было сбыться. Не удалось продолжить работы в Розуэлле вообще. И это при том, что резолюция наблюдательной комиссии рекомендовала выдать Годдарду остальную часть субсидии, т. е. вторые 50 тыс. долларов. Более того, успехи считались настолько существенными, что намечалась программа высотных научных исследований с подключением специалистов из числа членов комиссии, а также «критиков», возражавших либо вообще против работы над ракетами, либо против принятого направления в работе, либо против отдельных технических решений.

Что же все-таки случилось? А вот что. Гарри Гуггенгейм, ставший президентом фонда Гуггенгеймов после смерти отца, посчитал невозможным продолжить субсиди-

рование работ по крайней мере на ближайшее время. Причина — финансовые трудности в связи с общей экономической депрессией в США. Кризис в США, начавшийся еще осенью 1929 г., поначалу не коснулся крупных магнатов, но в 1932 г. стали рушиться даже самые крупные корпорации и банки.

Нетрудно представить себе переживания Годдарда в этой ситуации. Только-только удалось по-настоящему вернуть дело, как снова пришлось остановиться. Внешне в этот момент, как пишет М. Леман, Годдард продолжал оставаться спокойным и улыбчивым. Однако приходилось возвращаться в Вустер, в университет, к преподаванию, рассчитывая лишь на некоторую возможность ракетных исследований в лаборатории. В жаркие июньские дни 1932 г. группа разбирала стенд и оборудование, консервировала башню, упаковывала аппаратуру и вещи, сжигала ненужные бумаги, забивала досками окна ранчо. Группа в этот момент, по сути дела, прекратила свое существование. С Годдардом оставался только Ч. Мансур и брат жены А. Киск. Но, как говорится, нет худа без добра. Годдард, наверное, впервые за последние годы почувствовал себя свободным от больших забот. И, погрузившись с супругой в автомобиль, он совершает двухнедельную туристскую поездку сначала в Калифорнию, а затем через всю страну на восток, в Вустер.

Снова университет

В 1932—1933 гг. обозначились первые крупные успехи ракетостроителей в других странах. На серьезную научную и государственную основу ставилось дело в Советском Союзе. Слились два крупных по тем временам (особенно на фоне малочисленной группы Годдарда) коллектива — ленинградская ГДЛ и московская ГИРД и образовался первый в мире Реактивный научно-исследовательский институт. В нем в полной мере раскрылся конструкторский и организаторский талант советских ракетостроителей — С. П. Королева, В. П. Глушко, М. К. Тихонравова, Ю. А. Победоносцева и др. Активно работали в Советском Союзе реактивная секция при Осоавиахиме, секция «Авиавнито» и др. Жидкостные ракеты, созданные в нашей стране в середине 30-х годов, имели вес до 100 кг,

тягу двигателей до 300 кг и поднимались в воздух на несколько километров.

В августе 1932 г. начались официальные ракетные разработки в Германии — под эгидой артиллерийского ведомства армии был создан ракетный центр в Куммерсдорфе, где ведущую роль играл В. фон Браун, будущий руководитель разработок баллистических и космических ракет в США. В 1937 г. начал действовать крупный научный и опытно-конструкторский ракетный центр в Пенемюнде.

В США разработку жидкостных ракет вело также Американское ракетное общество (ARS), а экспериментальные исследования — аэродинамическая лаборатория Калифорнийского технологического института (GALCIT) под руководством Т. фон Кармана. С этими группами тесных контактов у Годдарда не было. Поэтому ARS в основном развивало в своих работах конструкторские идеи, с которыми Пендрей познакомился, будучи в Германии в 1931 г. В GALCIT дело было поставлено на серьезную теоретическую основу, и с 1936 г. проводились экспериментальные исследования элементов ЖРД на стенде.

В итоге к 1935 г. даже лучшие достижения Годдарда оказались далеко не рекордными для мирового ракетостроения. Годдард, однако, продолжал, если и не считая ракеты, как выразился один из руководителей GALCIT, Ф. Малина, «своим частным заповедником», то надеялся, что он по-прежнему идет далеко впереди. И поэтому, может быть, продолжал избегать контактов с другими исследователями и отказывался от публикации материалов о своих достижениях. Даже отчет в комиссию о работах в 1930—1932 гг. в Розуэлле, написанный в июле 1933 г., выглядит весьма лаконичным и сдержанным. В этом отчете он, кстати, развивает свою мысль об использовании жидкостной ракеты в качестве управляемой «противосамолетной торпеды».

В Вустере Годдард получил 250 долларов от Смитсоновского института. Несмотря на «потерю» очередных гуггенхаймовских 25 тысяч, он искренне радовался теперь этой мизерной сумме, поскольку видел в ней доверие и поддержку Аббота — «иначе дело бы окончательно остановилось». Теперь он может хоть в какой-то мере продолжить работу. В свободное от преподавания время Годдард экспериментирует: сравнивает различные виды теплоизоляции, исследует пути упрочнения болтовых соединений, изучает различные методы сварки, а также методы балан-

сирования гироскопов, совершенствует мембранные насосы, проводит предварительное исследование центробежных и других насосов для ракетных топлив и приводов для них. Потом он приступает к конструированию и испытаниям различного рода топливных клапанов, нового воспламенителя, рычажной системы управления пуском и, наконец, легких топливных насосов.

Сначала это был «пульсометр» высокого давления. Испытанный на воде, он давал давление 14 атм и расход 33,5 л/мин при давлении на входе 2,1 атм и затрате мощности 0,8 л. с. Затем Годдард приступил к созданию высокооборотных крыльчатых центробежных насосов с приводом от небольшой воздушной турбины. К лету 1934 г. компактный турбонасосный агрегат для подачи жидкого кислорода и бензина был готов. Турбина диаметром 13,6 см вращалась с помощью сжатого воздуха, поступающего на лопатки через два сопла. Насос диаметром 6,5 см при тех же давлениях, что и «пульсометр», перекачивал 70 л воды в 1 мин при скорости вращения более 30 тыс. об/мин и мощности 2,1 л. с. Испытанный на бензине, он дал производительность 0,7 кг/с при очень небольшой утечке. С жидким кислородом было получено давление 7 атм. Результаты вполне удовлетворили Годдарда, но на разработку летного варианта агрегата не было средств и ее удалось начать только в 1938 г. Летом 1934 г. удача снова улыбнулась ученому — фонд Гуттенхеймов возобновил субсидирование разработок (на год было выделено 18 тыс. долларов), и Годдард стал собираться в Розуэлл.

Высота — два километра!

Мы уже отмечали, что Годдард нередко распылял свои силы, занимаясь решением сразу многих совершенно различных технических задач. При этом он, быстро отказываясь от одних решений, переходил к другим, зачастую пренебрегая принципом последовательности и не проявляя настойчивости в доводке. Новые планы и идеи буквально переполняли его. Как отмечает Ф. Дюрант, даже Аббот «иногда проявлял нетерпимость к склонности Годдарда чрезмерно увлекаться отыскиванием новых технических решений» [102]. И когда в сентябре 1934 г. Годдард вновь отправился в Розуэлл, Аббот обратился к нему с письмом:

«Могу ли я просить Вас сосредоточить все усилия непосредственно на высотном полете? Только такой полет убедит заинтересованных лиц в том, что проект заслуживает поддержку. Пусть никакие побочные направления, даже самые обещающие, не отвлекают Вас от этой важнейшей цели...» [5, р. 888]. Позже, после очередного удачного полета ракеты, Годдард поблагодарил Аббота за этот совет, которому он как будто бы последовал, откровенно признав, что прошедшей осенью у него было намерение начать работу над большой ракетой с облегченной конструкцией (вероятно, упоминавшейся ранее, с тягой 450 кг).

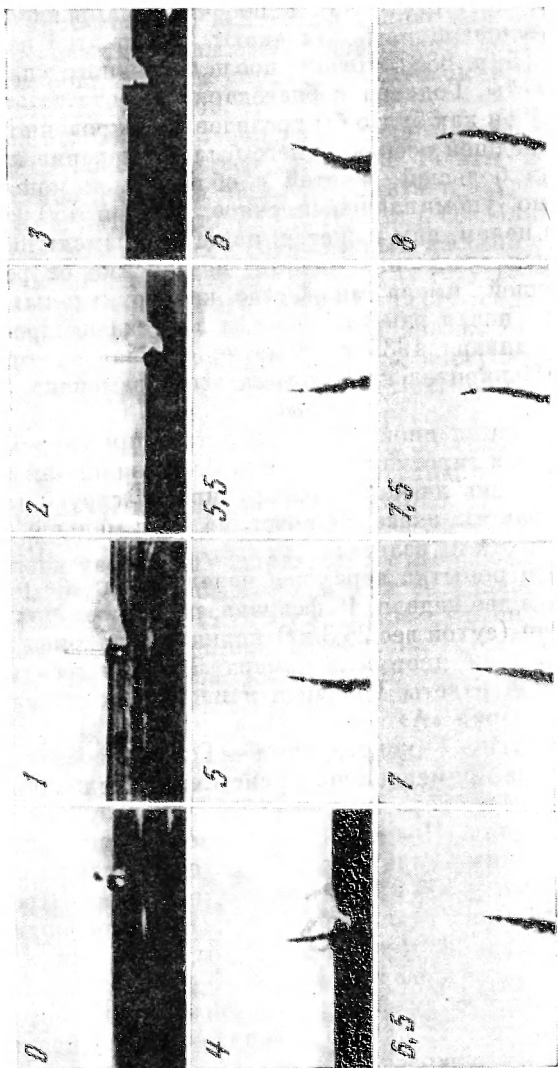
Но в целом, нам кажется, ничего не изменилось — почти каждая следующая ракета, независимо от результата предыдущей, имела множество конструктивных изменений. Так, новая ракета, попытка запуска которой состоялась 15 января 1935 г., заметно отличалась от ракеты 1932 г. Испарительная система азота заменена баллоном с газом.

Совершенно иной была конструкция рулей, сервомеханизма и гироскопа, купленного у авиационной фирмы (он был очень легким и раскручивался струей газа). Сухой вес ракеты оказался почти на 8 кг меньше — 33,8 кг. Но ракета эта не взлетела.

Вторая попытка через две недели — тот же результат. Еще через две недели, 16 февраля, ракета без системы стабилизации (сухой вес 26,3 кг) поднялась наконец над башней, но тут же прогорела камера. Это был десятый полет жидкостной ракеты Годдарда и первый полет из так называемой серии «А».

В следующей конструкции — Годдард остался верен себе — была применена новая система стабилизации: маятниковая взамен гироскопической. Были, разумеется, и другие изменения. Полет 8 марта неожиданно получился очень далеким. Ракета, сохраняя стабилизацию, поднялась на высоту 300 м, а затем, подхваченная ветром, легла почти на горизонтальный курс, развила рекордную скорость 1130 км/час и упала в 2,7 км от башни. Парашют в который раз оторвался.

Похоже, что судьба слегка посмеялась над Годдардом — на первой, удачно стабилизировавшейся в полете ракете не было гироскопа, над которым он трудился столько лет. Однако он снова возвратился к гироскопической системе, и снова изменение: рули срабатывали теперь при



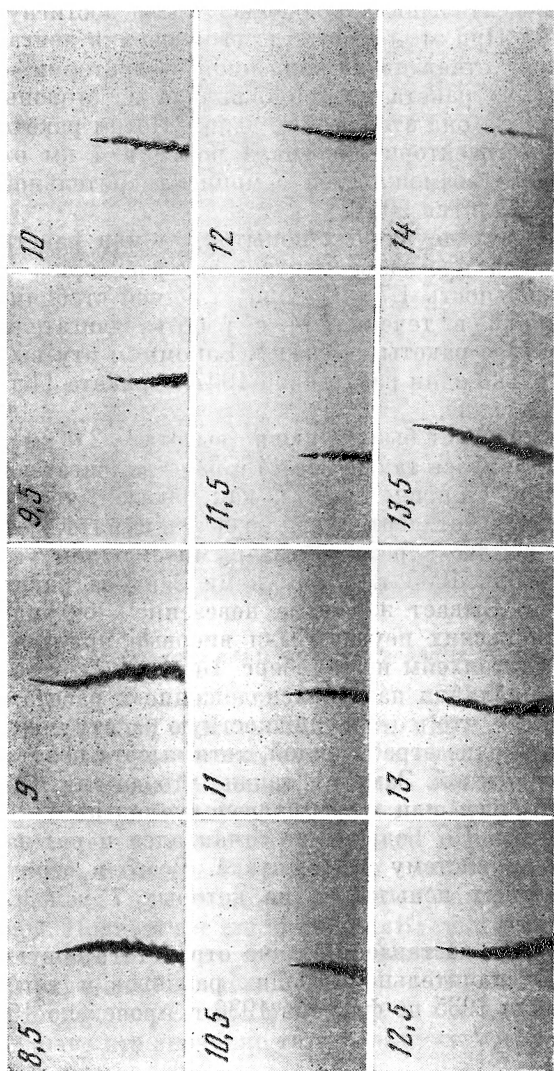


Рис. 28. Кинограмма полета гиросtabilизируемой ракеты 31 мая 1935 г.

отклонении ракеты от вертикали не на 13, а на 10°. 28 марта ракета продемонстрировала самый лучший полет за всю прошедшую деятельность Годдарда — была достигнута высота 1460 м. При этом вплоть до выключения двигателя наблюдалась отчетливая коррекция траектории — «похожая на рыбу» ракета медленно виляла из стороны в сторону, но делала она это «сознательно». Потом ракета описала пологую траекторию и упала почти в 4 км от башни, на пределе возможностей самописца зрительной трубы. Весь полет длился 20 с.

Затем, после двух неудачных попыток, 31 мая ракета продемонстрировала просто великолепную траекторию — высота 2,3 км, дальность 1,7 км — при отличной стабилизации на вертикали в течение 14 с работы двигателя (рис. 28). Сухой вес ракеты — 38 кг*. Запомним эту высоту — 2,3 км. Только один раз, весной 1937 г., ракета Годдарда поднимется выше.

Очень хороший полет был 12 июля (высота — 2,0 км), когда коррекция длилась также все 14 с работы двигателя (до высоты 900 м), причем ракета, как показал теодолит, не отклонялась от вертикали более чем на 1,2 м. Серия «А» закончилась тремя неудачными и одной успешной (29 октября 1935 г.) попытками запуска ракет со стабилизацией. Бывает же такое невезение — очевидцами двух сентябрьских неудач были впервые приехавшие в Розуэлл Гуттенхейм и Линдберг. Впрочем, эти неудачи никак не повлияли на их расположение к работам Годдарда. Тем более, что в целом жидкостную ракету можно было считать вполне отработанной, хотя высота полета была еще недостаточной. Заметим также, что до сих пор так и не удалась более или менее благополучная посадка ракеты с парашютом. Но Годдард не отчаивался и раз за разом дорабатывал систему его выпуска. Всего в серии «А» было 14 летных испытаний, из которых 7 успешных.

После этого была поставлена задача отработать новую камеру сгорания значительно больших размеров и тяги (рис. 29). С ноября 1935 по февраль 1936 г. проведено 10

* К сожалению, точных данных по запасу топлива и тяге по двум последним запускам нет, но оценки показывают, что они равны соответственно 20—25 кг (коэффициент наполнения около 0,4) и 100—120 кг.

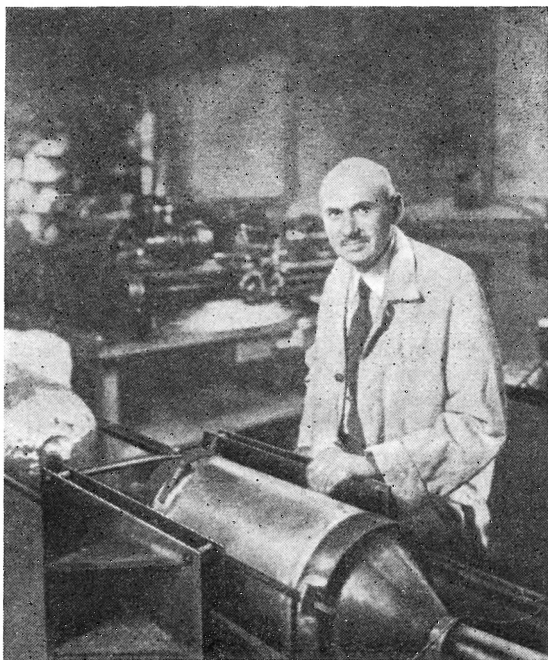


Рис. 29. Р. Годдард возле камеры сгорания ракеты серии «К» (1935)

статических испытаний серии «К», причем замерялись температуры стенки камеры и сопла, давления в камере и в азотном баллоне, расходы топлива и тяга (иным, чем раньше, способом: через специальные мембраны). Испытания хронометрировались и снимались на пленку через каждые 3 с работы двигателя. В некоторых случаях применялось внешнее охлаждение камер водой. Полный вес ракет серии «К» достигал 100 кг при весе топлива до 32 кг (рис. 30). Максимальное значение тяги (получено 3 декабря 1935 г.) — 360 кг. Причем камера работала на стенде в течение 6 с и не была повреждена. Однако это значение тяги оказалось намного меньше ожидаемого.

В результате этих испытаний Годдард сделал вывод, что можно создать большую камеру с давлением значительно выше 10 атм и что при наличии внешнего охлаж-

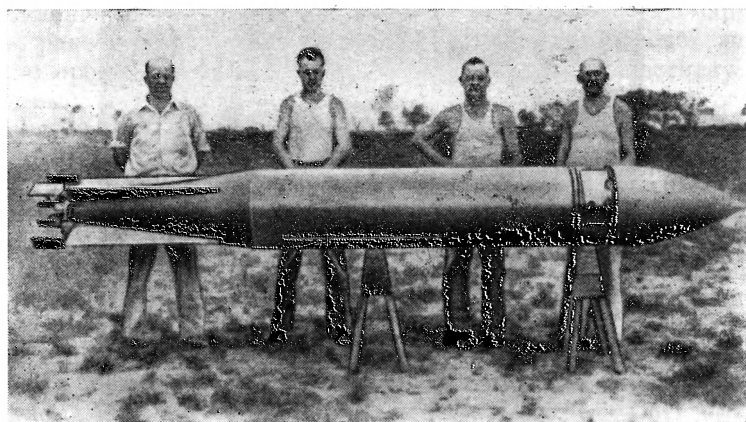


Рис. 30. Собранная ракета серии «К» готова к полету (май 1936)

дения соотношение компонентов можно поднять до 3,5 и тем самым значительно увеличить удельную тягу.

И еще один любопытный и несколько неожиданный вывод: «Кажется вполне выгодным применение в качестве горючего жидкого водорода, так как даже при разбавлении 2 : 1 в газообразном водороде в пределах, которые требуются для полного сгорания, общая масса увеличится лишь на $\frac{1}{9}$ » [4, р. 102]. Как видим, выводы, как и замыслы Годдарда, нередко шли впереди его возможностей.

Накануне нового, 1936 г. Годдард побывал в Сен-Луисе (шт. Миссури), где сделал краткий доклад о своих работах на секции астрономии и метеорологии съезда Американской ассоциации за прогресс науки. В марте 1936 г. вышла наконец вторая после монографии «Метод достижения предельных высот» значительная статья Годдарда «Разработка ракет на жидком топливе» [2]. Статья эта была напечатана в результате настойчивой просьбы Гуггенхайма и Линдберга. В ней содержится популярное, лаконичное и скромное описание работ начиная с 1921 г. Очень немного о первом полете ракеты в 1926 г. И почти ничего об устройстве ранних и тем более поздних ракет. И все-таки из этой работы технический мир наконец узнал о существовании достижений американского ученого, о том, что

он раньше всех начал и первым добился больших успехов, о гироскопической стабилизации вертикального полета, о том, что тяга его двигателей достигала 131 кг и что работают они на бензине и жидком кислороде, т. е. совсем не на «обертковском» горючем (спирт).

Статью заключали две великолепные кинограммы полетов ракет и короткий вывод: «Главными достижениями на сегодняшний день являются: создание весьма легкой и мощной камеры сгорания,... которая может быть использована повторно, и разработка средств стабилизации» и далее: «...следующим шагом в разработке ракет на жидком топливе является уменьшение их веса до минимума» [6, с. 282, 283]. Имеется в виду, конечно, относительный вес конструкции, хотя впрямую это не сказано и читатель вполне может недоумевать. Впрочем, недоумение иного порядка было и у Линдберга с Гуггенхеймом — в статье ничего не говорилось о текущем этапе работ над большой ракетой (серии «К»).

Почти одновременно с этой статьей, в ноябре 1935 г., Годдард после долгих уговоров тех же Гуггенхейма и Линдберга послал в Смитсоновский институт одну из своих ракет серии «А» с категорическим условием, что «она не будет выставлена в музее до моего разрешения» [5, р. 995]. Сейчас она вместе с тремя другими ракетами Годдарда экспонируется в Национальном музее авиации и космонавтики в Вашингтоне.

Ракеты серии «L»

Теперь Годдард впервые устанавливает на ракете камеру, предварительно отработанную на стенде. 10-дюймовая камера серии «К» имела примерно те же размеры, как у несостоявшейся «большой ракеты» 1927 г. Но как далеко ушел он за эти 9 лет! И не только в отношении технического уровня ракет, но и в результатах: ракеты летали, и летали неплохо. А результаты, как известно, мощный стимул к дальнейшим дерзаниям. Хотя, кажется, Годдард никогда не нуждался в стимулах, а если и нуждался в чем, то лишь в средствах и в «спокойной жизни», без посягательств на кооперацию. За девять же лет (с 1917 по 1925 г.) упорнейшая работа над многозарядными и жидкостными ракетами не дала фактически ни одного полета.

Теперь же были другие времена и другой опыт. Потому что были другие средства.

Что касается кооперации, то он с обычной непоколебимостью отвергал любые предложения. Так было и с созданным в 1936 г. в США институтом ракетных исследований, чисто популяризаторской и пропагандистской организацией. Так было со студентом Ф. Малиной, которого Милликен в августе 1936 г. послал из GALCIT в Розуэлл на консультацию к Годдарду (перед этим Годдард посетил лабораторию), но тому были показаны лишь мастерская и... пейзаж с видом на башню.

В мае — июне 1936 г. на специально переоборудованной пусковой башне были проведены 4 статических испытания, причем дважды камера прогорела, но дважды работала отлично — 20 и 32 с. Первый полет ракеты новой серии — «L-5» с большой камерой, имеющей трубчатый испаритель азота, состоялся в самый разгар знойного нью-мексиканского лета — 31 июля 1936 г. Ракета имела увеличенный диаметр — до 45,6 см при длине 4,07 м (поначалу на нее предполагалось установить турбонасосный агрегат, но потом было решено вновь вернуться к системе с жидким азотом). Азот сжижался непосредственно на борту ракеты. Своеобразие конструкции заключалось также в том, что баки имели внутренние перегородки, а стабилизаторы не выступали за внешние обводы ракеты. Оборудование же системы гиросtabilизации и выпуска парашюта было прежним. Из-за прогара камеры ракета поднялась лишь на 60 м и буквально плюхнулась в 90 м от башни.

Новая ракета, «L-6», снова сильно видоизмененная, стартовала 3 октября и снова высота лишь 60 м. При этом упала она в 6 м от центра башни.

Кажется, что Годдард порой терял ориентировку и шел на ощупь. Иногда просто не верится, что все его конструкторские идеи, непрерывно сменяющие друг друга, осуществлялись коллективом всего в 5 человек. С другой стороны, нельзя не выразить восхищения богатством творческой мысли Годдарда и смелым, решительным поиском лучших решений.

Уже через месяц после октябрьского полета готова новая ракета — совсем на предыдущие не похожая — с четырехкамерной двигательной установкой. Камеры диаметром 14,6 см взяты от ракет серии «А». Система подачи топли-

ва была общей. Сами камеры с трубчатыми кожухами для испарения азота весили 14,5 кг, т. е. почти в полтора раза больше, чем одна камера большого диаметра. Идея была в том, чтобы улучшить стабилизацию и уменьшить потери тяги за счет того, что каждая камера имела по одному рулю. В перспективе, полагал Годдард, при такой схеме можно будет вообще отказаться от рулей и управлять ракетой, изменяя тягу отдельных камер. Увы, и эта ракета, стартовавшая 7 ноября, достигла высоты лишь 60 м и тоже упала у подножья башни (еще до отрыва ракеты прогорела одна из камер). В группе Годдарда шутили: или там, на этой высоте, образовался невидимый потолок, или «Нелли» (так часто ласкательно называли годдардовцы свои ракеты) задалась целью разрушить пусковое оборудование в Розуэлле.

Итак, снова «большая ракета» не удалась. Из трех летних испытаний серии «L» ни одного успешного. Регулярные прогары большой камеры не оставляли никаких надежд на успех. Опыт с четырехкамерной связкой был поставлен, можно подумать, от отчаяния.

В этой ситуации Годдард вновь, как уже не раз до того, решается на отступление — переход к ракете меньшего размера. Что на этот раз заставило Годдарда поспешить с таким решением? По существу все то же — шефы (теперь — Линдберг и Гуггенхейм) настойчиво требовали осуществления высотного полета, и злоупотреблять далее их доверием Годдард не решился. Тем более, что очередные 20 тыс. долларов на 1936—1937 гг. ему были аккуратно выданы. Со своей стороны заметим, что Годдард тоже продемонстрировал финансовую аккуратность: работая в Розуэлле, он ни разу не вышел за пределы годовых смет, регулярно представляя детальные отчеты.

Решено было вернуться к двигательной установке, первоначально используемой в Розуэлле, — с камерой диаметром 14,6 см, имеющей тангенциальную двухфорсуночную подачу бензина (завесное охлаждение). Конечно, Годдард не был бы Годдардом, если бы он осуществил лишь просто переход к упрощенной конструкции. Нет, он снова ищет. Сначала он пробует новые виды горючего — авиационный бензин и сырой керосин. В выборе этих топлив отчетливо виден «экономический» подход — рассматриваются только широко доступные, дешевые топлива. Не обнаружив у новых горючих преимуществ, Годдард вновь возвращается к

обычному бензину. Затем была попытка поднять тягу камеры за счет увеличения подачи окислителя. Получился быстрый прогар и последовал возврат к прежнему соотношению. Наконец, конструкция ракеты была выполнена без трубчатых силовых элементов по всей ее длине, а получила лишь связи между баками и азотным баллоном системы наддува*. Поскольку обшивка ракеты была выполнена из тонкого алюминиевого листа, можно считать, что Годдард впервые применил баки несущей конструкции.

18 декабря 1936 г.— летное испытание неуправляемой (имелись 4 неподвижных лопасти стабилизатора) ракеты «L-10», почти в 3 раза меньшей по размерам, чем ракета «L-6». Вертикальная траектория, как и следовало ожидать, не получилась — описав пологую кривую, ракета упала в 600 м от башни. Это был юбилейный, 20-й полет ракеты Годдарда, и подарком ему было... отсутствие прогара камеры.

Наступил новый, 1937 год. 1 февраля** была запущена по сути дела отремонтированная декабрьская ракета («L-11», рис. 31), но с добавлением системы гиросtabilизации. Две пары струйных и две пары воздушных рулей должны были обеспечить стабилизацию как на активном участке, так и после выключения двигателя. Ракета вертикально поднялась на высоту 570 м. Парашют опять не раскрылся. Примерно тот же результат был получен в повторном испытании этой модели (впрочем, не совсем этой — были увеличены объемы баков, так что «загрузка топливом была увеличена на 50%» [6, с. 296], причем конические днища баков заменены на полусферические).

Через месяц, 26 марта, в полете ракеты «L-13» (начальный вес 77,3 кг) удалось достичь абсолютного для ракет Годдарда рекорда высоты — в диапазоне 2,4—2,7 км (двигатель работал 22,3 с). В этом полете парашют раскрылся, но... оторвался и ракета опять разбилась. Удачными были и следующие пуски — 22 апреля (с увеличенными воздушными рулями) и 19 мая. В последней ракете («L-15») Годдард впервые применил упрочнение азотного

* Давление азота в баллоне 16—18 атм.

** О дате этого полета имеются другие данные — 14 января [4, р. 128] и 24 января [6, с. 296].

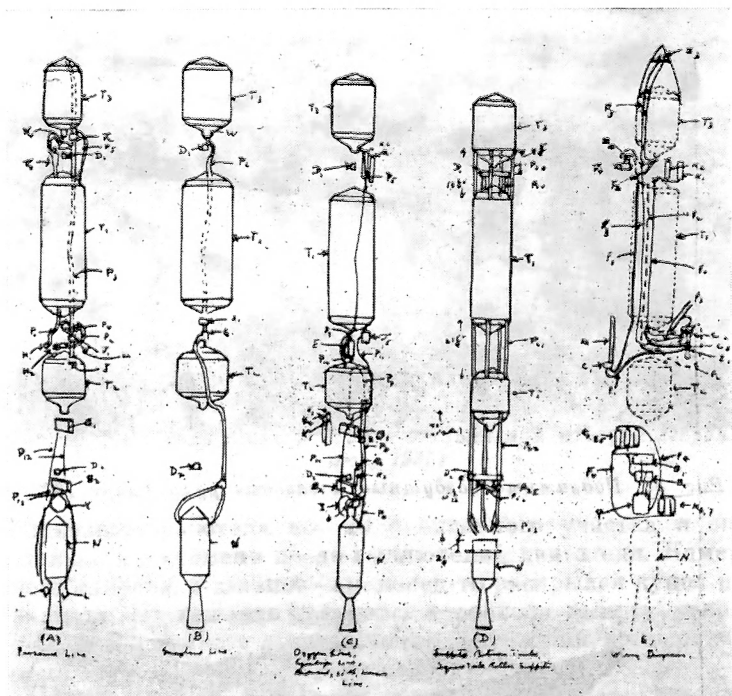


Рис. 31. Схема систем ракеты «L-11» (февраль 1937):

А — наддува баков, В — подачи бензина, С — подачи жидкого кислорода, Д — конструктивных связей между баками, Е — электросхема

баллона с помощью обмотки его вдоль и поперек стальной фортепианной струной. Это позволило значительно уменьшить толщину стенки баллона и снизить его вес примерно вдвое (до 5 кг). Другим новшеством были подвижные воздушные рули (рис. 32) — в нерабочем положении они прижимались к задней, конической части обшивки и попеременно отклонялись по сигналам гироскопа. Вес конструкции ракеты в целом по сравнению с предыдущей (примерно тех же размеров) был уменьшен до 41,4 кг.

Полет был очень красивым — с небольшими, быстро компенсируемыми отклонениями от вертикального курса, лишь слегка смещаемая в сторону боковым ветром ракета поднялась на километровую высоту. При этом система ста-

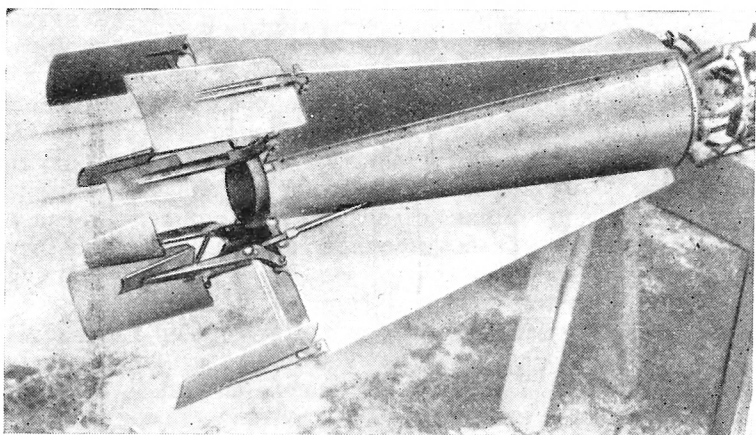


Рис. 32. Подвижные воздушные и газовые рули (март 1937)

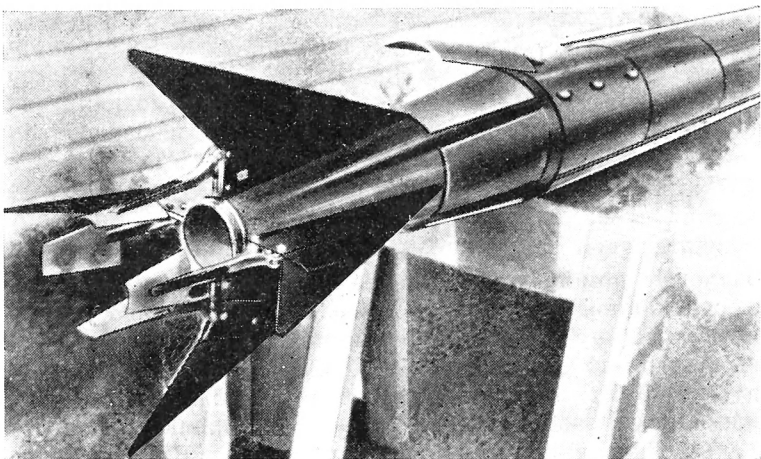


Рис. 33. Хвостовая часть ракеты с убирающимися воздушными рулями (май 1937)

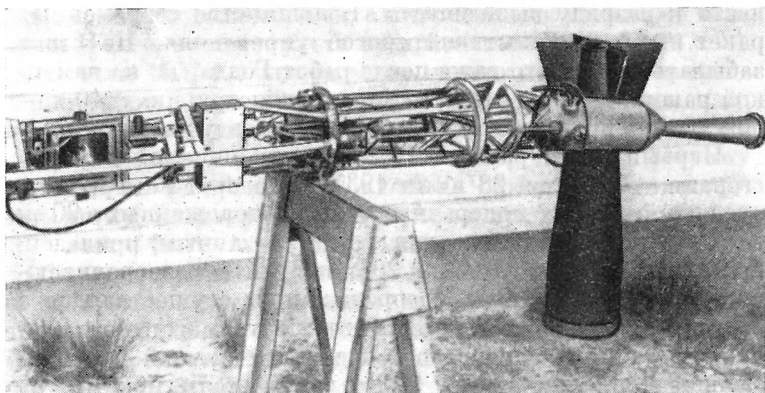


Рис. 34. Хвостовая часть ракеты с отклоняемой камерой сгорания (июль 1937)

близации работала все 29 с активного участка и еще столько же времени после выключения двигателя. Камера не прогорела, а главное — наконец-то раскрылся купол парашюта. По команде основного гироскопа выпуск купола произошел точно в высшей точке траектории, когда ракета с неработающим двигателем повернулась на 90° .

Итак, переход на малую камеру себя оправдал — подряд шесть успешных полетов! Такого еще не было. Двигательную установку и систему подачи для ракеты небольших размеров можно было считать отработанной. Однако летные показатели были по-прежнему невелики. И причина этого заключалась не только в небольшой продолжительности работы двигателя, но и в значительном воздушном и струйном сопротивлении, которое создавали рули. Сопротивление первых, оценивал Годдард, даже превышало по своей величине создаваемую ими корректирующую силу. Убирающиеся рули (рис. 33) существенного выигрыша не дали. И Годдард задумывает переход на принципиально новую конструктивную схему — вообще отказаться от рулей как органов управления и заменить их отклонением самой камеры сгорания, укрепленной в карданном подвесе (рис. 34).

Хотя до сих пор в каждом своем конструктивном решении Годдард был новатором, пионером, прокладывающим новые пути, — последнее решение, бесспорно, следует от-

нести к разряду выдающихся. Большинство современных ракет имеет именно такой способ управления. Не стоит забывать и того, что даже после работ Годдарда на немецкой ракете «А-4» и многих других конструкциях 40-х — 50-х годов применялись струйные и воздушные рули.

Первый полет ракет («L-16») с отклоняемой камерой сгорания состоялся 28 июля 1937 г. Поворот камеры вокруг одной из двух поперечных осей, расположенных в 90 см выше обреза сопла, позволял, согласно данным, приведенным Ф. Дюрантом [104, р. 20], получить разворачивающий момент в 6,9 кгм. Поворот камеры осуществлялся с помощью сильфонов, в которые от электромагнитных клапанов по командам гироскопа подавался сжатый азот. Питающие топливопроводы были, разумеется, гибкими, на шлангах. Впервые после 1929 г. в головной части ракеты установлен прибор — автоматический барограф с часовым механизмом. Ракета поднялась на 625 м и плавно опустилась с парашютом (на своем парашюте приземлился и носовой обтекатель). Барограф «привез» запись атмосферного давления лишь до высоты 150 м.

Снова через месяц (завидная регулярность!), 26 августа, был осуществлен повторный пуск такой же ракеты. Однако при этом впервые была применена стартовая катапульта. Годдард, по-видимому, решил попытаться счастья в борьбе за увеличение высоты полета, не прибегая к кардинальным усовершенствованиям ракеты. Ход мыслей его понятен: на начальную фазу разгона ракеты расходуется большая часть запаса топлива и, кроме того, когда скорость ракеты еще мала, набору высоты мешает ветер. Следовательно, после включения двигателя надо придать ракете дополнительное начальное ускорение. Катапульта работала на принципе падающих грузов. Несколько бетонных плит, подвешенных на системе блоков, разгоняли специальную раму, в которой размещалась ракета.

Полет 26 августа поначалу шел вполне успешно, однако он оказался невысоким. Поворот камеры для коррекции траектории осуществлялся 7 раз, но на высоте около 600 м при работающем двигателе ракета неожиданно завалилась на бок, от этого сработал парашют и его наполнившийся купол буквально разорвал ракету на части.

Катапульта, по-видимому, тоже себя не оправдала — двигатель работал неустойчиво из-за того, что начальное ускорение оказалось слишком высоким, и ракета, выйдя из

башни, начала замедляться, а это сказалось на подаче топлива. И больше катапульта не применялась.

Осенью 1937 г. Годдард вновь изменил основное направление работ, приступив к разработке новой системы наддува баков с целью повышения давления. Но кроме увеличения веса баков это, очевидно, вело к резкому повышению веса азотного баллона. Чтобы воспрепятствовать этому, Годдард вновь вернулся к использованию жидкого азота. Нагнетание его в испарительный кожух решено было выполнять с помощью легкого насоса мембранного типа (как и привода к нему). Конструирование насоса, привода и бака для жидкого азота завершено уже в октябре. Одновременно изменена конструкция топливных баков — они были облегчены за счет применения обмотки струнами, как это делалось в мае с азотным баллоном. Наконец, в связи с неудачным испытанием карданного устройства поворота камеры, вновь были установлены струйные и убирающиеся воздушные рули.

Первой попытке летных испытаний новой ракеты предшествовали три статических испытания. 12 ноября у ракеты «L-20» (давление наддува в баках 13,6 атм, давление в камере — 8,2 атм) двигатель работал рекордное время — 39,2 с. Полет 24 ноября, однако, не удался — тяга была очень низкой, и ракета, покинув башню, тут же упала на землю.

Больше эту ракету Годдард не испытывал и перешел к серии статических испытаний, стремясь повысить давление в камере и тем самым — скорость истечения газов. Четыре испытания в декабре 1937 г. — феврале 1938 г. проводились со специальными моделями, не предназначенными для полетов. Применялось новое стендовое оборудование с большим количеством измеряемых параметров. Испытания эти не дали особо обнадеживающих результатов, хотя в январе (ракета «L-24») удалось получить давление в камере около 30 атм. Тяга по сравнению с «L-20» возросла вдвое и почти достигла уровня, полученного в 1935—1936 гг. с камерами серии «К», вес которых был почти в 3 раза больше, а удельная тяга была меньше на 30%. Но Годдард не был удовлетворен. Дело в том, что давление в баках возрастало столь медленно, что в момент выхода на максимальную тягу топлива в баках почти не оставалось. В этих же испытаниях Годдард продолжал варьировать многие параметры: вновь из-

менял соотношение компонентов и даже размеры камеры сгорания.

В результате к летным испытаниям была подготовлена ракета прежней конструкции — со сжатым газообразным азотом в баллоне, с низким давлением в камере. Снова, таким образом, шаг назад.

Два полета в марте были заурядными — высота 150 и 660 м, плохо работали двигатели. Следующий полет в апреле («L-28») дал хорошую, хотя и вытянутую траекторию — высота 1300 м, дальность 2120 м. Заметим, что в течение всей своей деятельности Годдард ни разу не пытался получить полет на дальность. Этому могут быть, на наш взгляд, две причины: либо его не интересовало никакое иное применение ракеты, кроме высотного (что в общем-то мало вероятно), либо он боялся потерять ракету в обширных плато и предгорьях Нью-Мексико.

Апрельский полет продолжался 44 с, из которых 25,3 с — с работающим двигателем. На ракете впервые был установлен официальный барограф Национальной аэронавтической ассоциации (на пуске присутствовали, по настоянию Линдберга, наблюдатели). Но барограф разбился вместе с ракетой при падении.

В мае снова был малоудачный полет, затем последовала серия вообще безуспешных попыток отправить ракету в полет, а 15 июля — новая, огромная неприятность, теперь уже со стороны стихии. Через Розуэлл пронесся могучий ураган, который повалил пусковую башню и разметал все пусковое оборудование. Снова приходится удивляться мужеству и самоотверженности Годдарда и его соратников: уже на 25-й день после урагана, 9 августа была запущена очередная ракета «L-30» также с барографом Ассоциации. Согласно записи, сделанной наземным телескопом, достигнута высота 1500 м, но барограф показал лишь 1000 м. Это был 33-й полет ракет Годдарда.

На этом закончилась 27-месячная программа работ по ракетам серии «L»: 17 полетов и 13 статических испытаний. В ходе их ни одна из конструкций так и не могла считаться отработанной окончательно, однако несколько ракет функционировали в полете безупречно. В результате Годдарду стало ясно, что наиболее важная и трудная задача техники жидкостных ракет — это повышение эффективности ЖРД за счет увеличения давления в камере сгорания. При использовании наддува баков решение этой

задачи вело к значительному увеличению веса конструкции и тем самым сводило к нулю преимущества высокого давления. Решить возникшую проблему можно было только с помощью турбонасосов, нагнетающих топливо из баков непосредственно в камеру. Над этой идеей, как мы знаем, Годдард усиленно работал еще в Вустере в 1933—1934 гг. Настало время реализовать давнишние замыслы, и с осени 1938 г. Годдард взял решительный курс на создание ракеты с турбонасосной системой подачи.

На этом наш рассказ о работах пионера жидкостной ракетной техники и теоретической космонавтики, создателя первой в мире ракеты на жидком топливе Роберта Годдарда по существу заканчивается.

Заключение

Если бы Годдард, отправляясь в путь к новой ракете, знал, что впервые она взлетит через два года... И что поднимется она при этом лишь на 100 м... И что этот полет будет предпоследним... И что последний состоится еще через 9 месяцев и ракета в нем поднимется лишь на 75 м... Если бы все это знал Годдард!

Но ничего этого, разумеется, он не знал и упорно шел к намеченной цели, отработывая турбонасосный агрегат, газогенератор, систему регулирования и систему управления (на струйных и убирающихся воздушных рулях). Около 50 статических испытаний провел он в Розуэлле с октября 1938 по декабрь 1939 г. В феврале 1940 г. — первая попытка отправить в полет ракету серии «Р» (рис. 35) с начальным весом около 335 кг, длиной 6,7 м. Попытка не удалась, как и несколько последующих. 9 августа ракета «Р-23» буквально выползла из башни (скорость — около 20 км/ч) и тут же упала. Еще серия статических испытаний (всего в 1940—1941 гг. их было 15), в одном из которых была зафиксирована рекордная тяга ЖРД — 445 кг, и 8 мая 1941 г. — второй полет. Впрочем, и его нельзя было назвать полетом. Еще три безуспешных попытки — и в октябре 1941 г. в Розуэлле стало тихо. Испытания прекратились.

Итак, Годдарду не удалось послать на высоту свою последнюю «Нелли» — ракету с турбонасосной системой подачи топлива. Наверное, было бы удивительно, если бы удалось. Уже то, что столь малочисленной группе оказалась по силам такая сложная конструкция, говорит о многом. И прежде всего о таланте изобретателя и замечательных организаторских способностях Годдарда. При этом

все же нельзя не заметить в его работе элементов кустарщины. И это в то время, когда в других странах развернули деятельность крупные опытно-конструкторские коллективы с солидной исследовательской, проектной и производственной базой, когда стало очевидно, что создание нового вида техники не может быть делом конструкторов-одиночек, а должно опираться на мощную государственную финансовую, материальную поддержку. Только крупные предприятия и широкая кооперация могли привести к успеху, имя которому — научно-технический прогресс.

Конечно, Годдард всего этого не мог не понимать. Но, увы, он сам во многом способствовал тому, что в военных и государственных органах США сложилось скептическое отношение к возможностям жидкостных ракет — слишком дорогая и сложная машина, а летает кое-как. Ни высоты, ни дальности, ни тем более точности, надежности и способности нести приличный полезный груз. Ожидать какого-либо военного эффекта от такой машины было трудно. Одним словом, занятие для романтиков космоса. Так или примерно так рассуждали в США ответственные лица не только в первые годы второй мировой войны, но и после ее окончания, когда пришлось воочию убедиться, что 14-тонная «А-4» — не пропагандистская утка нацистов, а реальная вещь. Конечно, те антигуманистические, варварские цели, во имя которых фашистская Германия

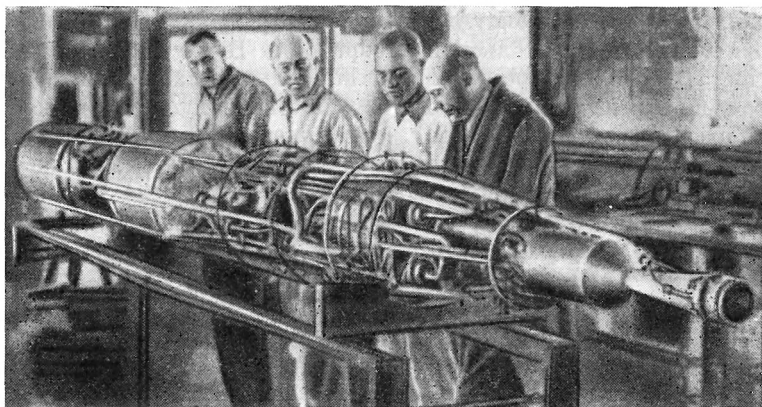


Рис. 35. Ракета с турбонасосной подачей топлива (февраль 1940)

форсировала разработку ракет, сводят на нет объективное значение этого технического достижения в истории научно-прогресса.

Однако для нас важно не то, что в США долгое время недооценивали возможностей и значения жидкостных ракет. А то, что талант Годдарда, его огромный опыт и реальные достижения не были использованы его страной, могущественной в техническом и финансовом отношении державой, что направление науки и техники, в создании которого он внес огромный вклад, не получило в свое время должной поддержки. И когда в 1946 г. был поднят вопрос о начале в США крупных ракетных разработок, исходной точкой оказалась... немецкая ракета «А-4», а лучшими специалистами в этой области — вывезенные из Германии ученые и инженеры.

Конечно, можно сожалеть, что Годдард не оставил после себя ни учеников, ни школы, что он не сумел, не захотел привлечь к своим работам крупных ученых. Всего в 800 милях от Розуэлла располагалась Пасадена, где в 1936 г. развернула свою деятельность группа фон Кармана, включавшая специалистов по газодинамике и аэродинамике, баллистике, горению, материалам и прочности. Разумная кооперация двух выдающихся ученых могла бы принести свои плоды.

За три года до окончания второй мировой войны (и за три года до смерти ученого), в августе 1942 г. Годдард был принят наконец на государственную службу в ВМС сначала в качестве консультанта, а затем технического директора исследовательской лаборатории Бюро по аэронавтике ВМС. Одновременно он консультировал ракетные разработки в ВВС. Оставив Розуэлл, он целиком переключился на разработку ЖРД с регулируемой тягой, предназначенного в качестве вспомогательной установки для ускорения самолетов (первый свой опытный двигатель на средства ВВС он создал еще в Розуэлле, в конце 1941 г.).

В этой книге мы постарались отдать должное Роберту Годдарду — человеку, который одним из первых начал трудиться над теорией космического полета и первым создал жидкостную ракету — прообраз будущих ракетно-космических систем.

Он был пионером, а пионеров всегда помнит и чтит человечество.

Даты жизни и деятельности Р. Х. Годдарда

- 1882, 5 октября родился в г. Вустер (шт. Массачусетс).
- 1898 закончил среднюю школу в Вустере.
- 1899 возникновение интереса к проблемам космонавтики.
- 1904 закончил Вустерскую высшую школу.
- 1904—1908 учеба в Вустерском политехническом институте.
- 1906 начал записи в «зеленых записных книжках».
- 1907 статья «О возможности перемещения в межпланетном пространстве».
- 1908—1911 работает преподавателем в колледже и учится в Кларковском университете.
- 1909 первые наброски к расчету ракеты на порохе и на водородно-кислородном топливе.
- 1910 защита магистерской диссертации на тему «Теория дифракции».
- 1911 защита докторской диссертации на тему «Электрическая проводимость при контакте разнородных твердых тел».
- 1912—1913 работает в физической лаборатории Принстонского университета; завершение теории движения ракеты.
- 1913 статья «Перемещение в межпланетном пространстве».
- 1914 получил патенты США на двухступенчатую твердотопливную ракету с коническими соплами у двигателей и на многозарядную твердотопливную ракету (со схемой жидкостной ракеты на двухкомпонентном топливе); работа «Проблема поднятия тела на большую высоту над поверхностью Земли»; начало преподавательской работы в Кларковском университете.
- 1915—1916 эксперименты с твердотопливными ракетами и ракетными камерами; эксперименты по определению скорости истечения в вакууме.
- 1916 обращение за помощью в Смитсоновский институт; отсылка в институт второго варианта работы «Метод достижения предельных высот»; первая субсидия от института.
- 1917—1922 работа над многозарядной твердотопливной ракетой.
- 1918 начало работ по контракту военного ведомства над боевыми ракетными установками; работа над ракетами в астрономической обсерватории Маунт-Вилсон (Калифорния); демонстрация военным экспертам ракет различного типа, включая многозарядную.
- 1920 выход в свет монографии «Метод достижения предельных высот»; назначение профессором Кларковского университета, первый «космический» доклад.
- 1921 начало работы над жидкостными ракетами.

- 1922, март первые испытания ЖРД с замером тяги.
- 1923 назначение заведующим физической лаборатории университета; второй «космический» доклад.
- 1923—1925 работа над жидкостной ракетой с насосной системой подачи.
- 1924 женитьба на Э. Киск; третий «космический» доклад.
- 1925, декабрь первое успешное стендовое испытание жидкостной ракеты с насосной подачей.
- 1926 успешный полет первой (16 марта) и второй (3 апреля) жидкостных ракет (с вытеснительной подачей).
- 1926—1927 работа над «большой ракетой» (начальный вес до 90 кг).
- 1927—1928 работа над «средней ракетой» (начальный вес до 20 кг).
- 1928, декабрь третий успешный запуск жидкостной ракеты («кринолин», начальный вес 13 кг).
- 1929, июль успешный полет жидкостной ракеты с приборами (начальный вес 26 кг, высота полета 28 м).
- 1929 четвертый «космический» доклад.
- 1929—1930 стендовые испытания ЖРД в Кемп-Девенсе.
- 1930, июль начало субсидирования работ из фонда Гуггенхаймов.
- 1930—1932 создание полигона в Розуэлле (Нью-Мексико); статические испытания ЖРД и ракет; 5 успешных полетов ракет (начальный вес до 42 кг, высота подъема до 660 м).
- 1932, апрель первый полет ракеты с гироскопической системой стабилизации.
- 1932—1934 перерыв в субсидировании работ; преподавательская и лабораторная работа в Кларковском университете.
- 1934—1935 возвращение в Розуэлл; 7 успешных полетов жидкостных ракет серии «А».
- 1935, март первый успешный полет ракеты с гироскопической стабилизацией (высота до 2,3 км при дальности 4 км).
- 1935—1936 стендовые испытания жидкостных ракет и двигателей серии «К» (тяга до 280 кг).
- 1936, март выход статьи «Разработка ракет на жидком топливе».
- 1936—1938 17 успешных полетов жидкостных ракет серии «L» различной конструкции (начальный вес до 165 кг, тяга двигателей до 215 кг, высота полета до 2,8 км).
- 1938—1941 работа над ракетами с турбонасосной системой подачи топлива; 2 полета таких ракет (начальный вес до 345 кг, тяга двигателя до 450 кг).
- 1941 контракт с ВМС на разработку ЖРД переменной тяги для системы ускорения взлета самолетов.
- 1942 переезд в Аннаполис (Мэриленд); работа на экспериментальной станции ВМС.
- 1943 назначение техническим директором исследовательской лаборатории Бюро по аэронавтике ВМС.
- 1945, 10 августа скончался в г. Балтимор (Мэриленд).

Труды Годдарда

Основные публикации по ракетной технике

1. * A Method of Reaching Extreme Altitudes.—«Smithsonian Miscellaneous Collections», 1919, vol. 71, N 2 (v. 1, p. 337—406) ².
2. * Liquid-propellant Rocket Development.—«Smithsonian Miscellaneous Collections», 1936, vol. 95, N 3 (v. 2, p. 968—984).
3. Rockets. Факсимильное переиздание работ [1 и 2] с предисловием автора (v. 3, p. 1595—1597). N.-Y., ARS, 1946.
4. Rocket Development: Liquid-fuel Rocket Research, 1929—1941 (Ed. E. C. Goddard, G. E. Pendray). N.-Y., Prentice-Hill, 1948.
5. The Papers of Robert H. Goddard, vol. 1, 2, 3 (Ed. E. C. Goddard, G. E. Pendray). N.-Y., McGraw-Hill, 1970.
6. *Годдард Р. Х.* Избранные труды.— В сб.: Пионеры ракетной техники (1977) [170, с. 25—324].

Статьи и доклады по ракетной технике, опубликованные в «Материалах» [5] ³

7. Material for an Autobiography, VII, 1927, 1933 (v. 1, p. 3—40) (ранее частично опубликовано в «Aeronautics», IV, 1959, p. 24—27, 108—109).
8. Autobiographical Statement, II, 1921 (v. 1, p. 43—48).
9. Navigation of Space, XII, 1901 (v. 1, p. 57).
10. The High-Speed Bet, I, 1906 (v. 1, p. 69—74).
11. * On the Possibility of Navigating Interplanetary Space, X, 1907 (v. 1, p. 81—87).
12. Slow Propulsion by Explosives, I—II, 1909 (v. 1, p. 95—99).
13. * Outline of Article on «The Navigation of Interplanetary Space», IX—X, 1913 (v. 1, p. 117—123).
14. * The Problem of Raising a Body to a Great Altitude above the Surface of the Earth, VIII, 1914 (v. 1, p. 128—152).
15. Atomic Disintegration, XII, 1916 (v. 1, p. 182—190).

¹ Звездочкой помечены работы, опубликованные в переводах на русский язык в сб.: Пионеры ракетной техники [170].

² В круглых скобках даны том и страница первой или повторной публикации в «Материалах» [5].

³ После названия работы указаны месяц и год ее написания.

16. Monthly Report to Smithsonian Institution, III, 1918 (v. 1, p. 214—217).
17. Monthly Report to Smithsonian Institution, VII, 1918 (v. 1, p. 239—245).
18. Monthly Report to Smithsonian Institution, VIII, 1918 (v. 1, p. 255—276).
19. Monthly Report to Smithsonian Institution, X, 1918 (v. 1, p. 291—295).
20. * Simple Calculation to Suggest the Possibilities of the Multiple-charge Principle, IV, 1919 (v. 1, p. 318—320).
21. Report on Rocket Development to Smithsonian Institution, IX, 1919 (v. 1, p. 329—336).
22. * Report to Smithsonian Institution Concerning Further Developments on the Rocket Method of Investigating Space, III, 1920 (v. 1, p. 413—430).
23. * The Possibilities of the Rocket in Weather Forecasting, IV, 1920; «Proceedings of the National Academie of Sciences», VIII, 1920 (v. 1, p. 437—440).
24. * First Report on Rocket Development to the Trustees of Clark University, IV, 1922 (v. 1, p. 477—483).
25. * Second Report on Rocket Development to the Trustees of Clark University, III, 1923 (v. 1, p. 490—494).
26. * Supplementary Report to the Trustees, Clark University, on Work Performed Yuly 1921 to August 1923. VIII, 1923 (v. 1, p. 498—508).
27. * Report to the Trustees, Clark University, on the Principles and Possibilities of the Rocket Developed by R. H. Goddard, VIII, 1923 (v. 1, p. 509—517).
28. On the Present Status on the High-altitude Rocket, XII, 1923 (v. 1, p. 521—523).
29. * Supplementary Report on Ultimate Developments, III, 1924 (v. 1, p. 531—540).
30. * Report on Conditions for Minimum Mass of Propellant, VIII, 1929 (v. 2, p. 688—698).
31. * Statement Regarding the Desirability of a Reissue of U. S. Patentes N 1102653 and N 1103503 from the Standpoint of National Defense, I, 1931 (v. 2, p. 782—784).
32. * The Rocket Turbine for Aircraft, VI, 1931 (v. 2, p. 800—803).
33. * Report on Rocket Work at Roswell. New Mexico, XII, 1931 (v. 2, p. 810—817).
34. * Rocket Developments Carried on at Roswell. New Mexico, 1930—1932, with Possible Applications, VII, 1933 (v. 2, p. 852—860).
35. * Summary of Work on Rocket Development, 1933—1934, at Clark University, VIII—IX, 1934 (v. 2, p. 878—884).
36. Report on Rocket Development from September 1934 to April 1935 to the Guggenheim Found. IV, 1935 (v. 2, p. 914—918).
37. Outline of Proposed Rocket Work for 1936—1937. IV, 1936 (v. 2, p. 993—996).
38. * Report on Rocket Work for 1935—1936. IX, 1936 (v. 2, p. 1013—1022).
39. * Present Status of Rocket Work and Proposed Work for 1937—1938. III, 1937 (v. 2, p. 1049—1052).

40. Gas-reflection Method of Propulsion, XII, 1937 (v. 2, p. 1097—1103).
41. * Rocket Development February 1937 to February 1938. II, 1938 (v. 3, p. 1113—1127).
42. Proposed Sounding-rocket Casing, III, 1938 (v. 3, p. 1134—1138).
43. Proposed Rocket Work for 1938—1939. IV, 1938 (v. 3, p. 1144—1147).
44. Reports to National Aeronautics Association on Rocket Flight Test of April 20, 1938 (v. 3, p. 1150—1155).
45. Further Report on Gas-reflection in Vacuo, VII, 1938 (v. 3, p. 1178—1184).
46. * Outline of a Ten-years. Program on Rocket Development, VIII, 1938 (v. 3, p. 1186—1193).
47. Quarterly Report on Rocket Work under the D. and F. Guggenheim Foundation, September 1 to December 1, 1938. XII, 1938 (v. 3, p. 1218—1225).
48. То же, December 1, 1938 to March 1, 1939. III, 1939 (v. 3, p. 1239—1245).
49. То же, March 1 to June 1, 1939. VI, 1939 (v. 3, p. 1254—1259).
50. То же, June 1 to September 1, 1939. IX, 1939 (v. 3, p. 1272—1275).
51. То же, September 1 to December 1, 1939. XII, 1939 (v. 3, p. 1279—1287).
52. То же, December 1, 1939 to March 1, 1940. III, 1940 (v. 3, p. 1299—1301).
53. То же, March 1 to June 1, 1940. VI, 1940 (v. 3, p. 1326—1330).
54. Report on Rocket Work under the D. and F. Guggenheim Foundation, June 1 to December 1, 1940. XII, 1940 (v. 3, p. 1378—1380).
55. То же, December 1, 1940 to March 1, 1941. III, 1941 (v. 3, p. 1383—1385).
56. Jet-type Takeoff Device, VI, 1941 (v. 3, p. 1398—1403).
57. Report on Rocket Work under the D. and F. Guggenheim Foundation, August 1, 1941 (v. 3, p. 1413—1416).
58. Progress Report to Assitant Chief, Material Division, Army Air Force, XII, 1941 (v. 3, p. 1444—1451).
59. Report on Assisted-takeoff Tests of PBY, IX, 1942 (v. 3, p. 1479—1482).
60. Memorandum on Pump-type Assist Unit, XI, 1944 (v. 3, p. 1546—1548).
61. Outline of Proposed Book.— «Principles of Rocket and Yet Propulsion», III, 1945 (v. 3, p. 1577—1578).
62. Progress Report on Pump and Turbine Propulsion Units to Ship Installations Section, Navy Bureau of Aeronautics, V, 1945 (v. 3, p. 1599—1602).

Прочие публикации

63. The Use of the Gyroscope in the Balancing and Steering of Airplanes.— «Scientific American Supplement», 29.VI, 1907; «Journal of the Worcester Polytechnic Institute», XI, 1907 (v. 1, p. 77—79).
64. On some Anomalous Electrical Conductors.— «Journal of the WRI», XI, 1908 (v. 1, p. 89—94).
65. On Some Peculiarities of Electrical Conductive Exhibited by Powders and a Few Solid Substances.— «Physical Review», VI, 1909.

66. The Limit of Rapid Transit.— «Scientific American», 20.XI 1909 (v. 1, p. 102—103).
67. A Study of Crystal Rectifiers [аннотация доклада].— «Physical Review», II, 1912.
68. On the Conduction of Electricity at Contact of Dissimilar Solids [тезисы докт. диссертации].— «Physical Review», VI, 1912.
69. On Interference Colors in Clouds.— «Science», 19.XII 1913.
70. On Pondermotive Force upon a Dielectric which Carries a Displacement Current in a Magnetic Field.— «Physical Review», VIII, 1914.
71. Bachelet's Frictionless Raylway at Basis a Tech Idea.— «Journal of the WPI», XI, 1914.
72. On the Production of Rare Gases in Vacuum Tubes.— «Science», 7.V 1915.
73. On High-altitude Research.— «Science», 6.II 1920 (v. 1, p. 412—413).
74. The Rocket Method.— «Journal of the WPI», IV, 1920.
75. On Recording Apparatus for Meteorological Research with Rockets.— «Science», 10.XII 1920.
76. That Moon-rocket Proposition-Refutation of Some Popular Fallacies.— «Scientific American», 26.II 1921 (v. 1, p. 460—463).
77. The High-altitude Rocket.— «Monthly Weather Review», II, 1924 (v. 1, p. 529—530).
78. On the Present Status of the High-altitude Rocket [аннотация доклада].— «Physical Review», II, 1924.
79. How My Speed Rocket Can Propel Itself in a Vacuum.— «Popular Science Monthly», IX, 1924.
80. On the Efficient Utilisation of Solar Energy.— «Journal of the Optical Society of America», VII, 1929.
81. A New Invention to Harness the Sun.— «Popular Science Monthly», XI, 1929.
82. The Development of a Rocket for the Investigation of the Upper Atmosphere [аннотация доклада].— «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», II, 1930.
83. To G. E. Pendray.— «Bulletin of the American Interplanetary Society», VI—VII, 1931, N 10.
84. A New Turbine Rocket Plane for the Upper Atmosphere.— «Scientific American», III, 1932.
85. Periodically Interrupted Flow through Air Passages [совм. с А. Эриксоном].— «Journal of Aeronautical Sciences», V, 1935.
86. Progress in the Development of Atmospheric Sounding Rockets [аннотация доклада].— «Bulletin of the American Meteorological Society», II, 1936.
87. Whither Go the Rockets? — «Journal of the WPI», III, 1936.

Ранние ракетные патенты (до 1930 г.) [5, p. 1651]

88. U. S. Patent N 1102653, Rocket Apparatus, July 7, 1914.
89. U. S. Patent N 1103503, Rocket Apparatus, July 14, 1914.
90. U. S. Patent N 1191299, Rocket Apparatus, July 18, 1916.
91. U. S. Patent N 1194496, Rocket Apparatus. August 15, 1916.
92. U. S. Patent N 1206837, Rocket Apparatus, December 5, 1916.
93. U. S. Patent N 1311855, Magazine Rocket. August 5, 1919.
94. U. S. Patent N 1341053, Magazine Rocket. May 25, 1920.

Литература о Годдарде

Работы иностранных авторов

95. *Pendray G. E.* Dr. R. H. Goddard. A Biographical Note and Appreciation (1946) [2, p. XVI—XIX].
96. *Africano A.* The Rocket Research and R. H. Goddard.— «Journal of the ARS», IX, 1947, N 71, p. 28—47.
97. *Doolittle J. H.* R. H. Goddard — Father of Modern Rocketry.— «Journal of the ARS», VI, 1948, N 74, p. 53—58.
98. *Goddard E. C., Pendray G. E.* Indotroduction (1948) [4, p. XIII—XX].
99. Von Braun Tribute to Goddard.— «Astronautics», VI, 1959, N 6, p. 36—37.
100. *Pendray G. E.* The Work of R. H. Goddard.— In: «Pioneer Rocket. Development in the United States».— «Technology and Culture», fall, 1963, v. 4, N 4, p. 384—392.
101. *Lehman Milton.* This High Man. N.-Y., 1963.
102. *Durant F. C.* R. H. Goddard and the Smithsonian Institution. (Paper) N.-Y., 1968.
103. Congressional Recognition of Goddard Rocket and Space Museum with Tributes to Dr. R. H. Goddard. N.-Y., 1970.
104. *Durant F. C.* R. H. Goddard: Accomplishments of the Roswell Years (1930—1941). (Paper) N.-Y., 1973.

Работы советских авторов

105. *Рынин Н. А.* Р. Х. Годдард (краткая биографическая справка).— В кн.: Теория космического полета (Серия «Межпланетные сообщения», вып. 8). Л., 1932, с. 103—104¹.
106. *Бубнов И. Н.* Основные характеристики и конструктивные особенности ракет Р. Годдарда.— «Труды X научной конференции аспирантов и младших научных сотрудников ИИЕиТ АН СССР. Секция истории авиации и космонавтики». М., 1967, с. 17—28.
107. Годдард Роберт. «Космонавтика» (Маленькая энциклопедия). М., 1968, с. 95—96.
108. *Бубнов И. Н.* Роберт Хитчингс Годдард. Биографический очерк, 1969. ИИЕиТ АН СССР (не опубл.).
109. Годдард Роберт. «Космонавтика» (Маленькая энциклопедия), 2-е изд. М., 1970, с. 111.
110. *Прищепа В. И.* Историко-технический анализ ранних публикаций Р. Х. Годдарда.— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 10. М., 1970, с. 70—82.
111. *Прищепа В. И.* К 50-летию первых опытов Р. Х. Годдарда с жидкими ракетными топливами.— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 12. М., 1971, с. 96—98.
112. *Прищепа В. И.* О ранних исследованиях Р. Х. Годдарда в области ракет на жидком топливе.— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 13. М., 1971, с. 89—95.

¹ Дан также сокращенный перевод монографии «Метод достижения предельных высот» [1].

113. Годдард Роберт.— В кн.: Большая советская энциклопедия. 3-е изд., т. 7. М., 1972, с. 7.
114. *Миловидов Б. Ю.* 40 лет со дня испытания Р. Годдардом в полете первой ракеты с гироскопическим управлением.— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 14. М., 1972, с. 45—48.
115. *Прищепа В. И.* 90 лет со дня рождения Р. Х. Годдарда.— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 14. М., 1972, с. 86—90.
116. *Прищепа В. И.* 60 лет со времени выдачи Р. Х. Годдарду его первых патентов на ракетные летательные аппараты.— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 22. М., 1974, с. 125—127.
117. *Бубнов И. Н.* К 50-летию запуска Р. Х. Годдардом первой в мире жидкостной ракеты. Доклад, 1976. ИИЕиТ АН СССР (не опублик.).
118. *Прищепа В. И.* 50 лет со времени первого пуска жидкостной ракеты (1926).— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 29. М., 1977, с. 29—33.
119. *Бубнов И. Н.* Роберт Годдард (краткий биографический очерк); Комментарии к избранным трудам Годдарда.— В сб.: Пионеры ракетной техники [170, с. 6—8, 608—622].
120. *Соколовский В. Н.* О работах Р. Годдарда в области теоретической космонавтики.— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 31. М., 1978.

Прочая использованная литература

121. *Кибальчич Н. И.* Проект воздухоплавательного прибора (1881).— «Былое», 1918, № 10—11, с. 115—121 [160, с. 15—22].
122. *Циолковский К. Э.* Свободное пространство (рукопись, 1883).— В кн.: К. Э. Циолковский. Собр. соч., т. 2, с. 5—68.
123. *Ganswindt H.* Über die wichtigsten Probleme der Menschheit (1891).— In: «Ganswindt H. Das jungste Gericht». Schöneberg 1899, S. 1—15, 113.
124. *Циолковский К. Э.* Исследование мировых пространств реактивными приборами.— «Научное обозрение», 1903, № 5, с. 45—75.
125. *Цандер Ф. А.* Космические (эфирные) корабли, которые обеспечат сообщение между звездами. Движение в мировом пространстве (1908—1912).— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 13, 1971, с. 3—36.
126. *Циолковский К. Э.* Исследование мировых пространств реактивными приборами.— «Вестник воздухоплавания», 1911, № 19—22; 1912, № 2, 3, 5—7, 9 [160, с. 54—95].
127. * *Esnault-Pelterie R.* Considération sur les résultats d'un allègement indéfini des moteurs.— «Journ. de physique théorique et appliquée», t. III. Paris, 1913.
128. *Циолковский К. Э.* Исследование мировых пространств реактивными приборами (дополнение к I и II части труда того же названия). Калуга, 1914 [160, с. 96—107].
129. *Кондратюк Ю. В.* Тем, кто будет читать, чтобы строить (1918—1919).— В сб.: Пионеры ракетной техники [160, с. 504—536].
130. *Ulinski F.* Das Problem der Weltraumfahrt.— «Der Flug», XII, 1920, S. 113—124.

131. * *Oberth H.* Die Rakete zu den Planetenräumen. München, 1923.
132. *Цандер Ф. А.* Перелеты на другие планеты.— «Техника и жизнь», 1924, № 13, с. 15—16 [160, с. 259—262].
133. * *Hohmann W.* Die Erreichbarkeit der Himmelskörper. München, 1925.
134. *Циолковский К. Э.* Исследование мировых пространств реактивными приборами (переиздание работ 1903 и 1911 гг. с некоторыми изменениями и дополнениями). Калуга, 1926 [160, с. 130—214].
135. *Эсно-Пельтри Р.* Исследование верхних слоев атмосферы при помощи ракеты и возможность межпланетных сообщений (1928).— В сб.: Пионеры ракетной техники (1977) [170, с. 336—400].
136. *Кондратюк Ю. В.* Завоевание межпланетных пространств. Новосибирск, 1929.
137. *Oberth H.* Wege zur Raumschiffahrt. München, 1929.
138. *Циолковский К. Э.* Космические ракетные поезда. Калуга, 1929.
139. *Esnault-Pelterie R.* L'Astronautique. Paris, 1930.
140. *Цандер Ф. А.* Проблема полета при помощи реактивных аппаратов. М., 1932.
141. *Stemmer J.* Die Entwicklung des Raketenantriebes in allgemein verständlicher Darstellung. Bd. 1, 2, 3. Zürich, 1944—1945.
142. *Pendray G. E.* The Coming Age of Rocket Power. N.-Y., 1945.
143. *Lent C. P.* Rocket Research. History and Handbook. N.-Y., 1945.
144. *Lent C. P.* Rocketry. Yets and Rockets. N.-Y., 1947.
145. *Truax R. C.* The Pioneer Rocket Project of the U. S. Navy.— «Journal of the ARS», VI, 1948, N 74, p. 62—65.
146. *Weil A.* Guided Missiles. London, 1949.
147. *Sutton G. P.* Rocket Propulsion Elements. N.-Y., 1949.
148. *Синярев Г. Б., Добровольский М. В.* Жидкостные ракетные двигатели. М., Оборонгиз, 1955.
149. *Rosen M. W.* The Viking Rocket Story. London, 1955.
150. *Клетор П. Е.* История [ракет] (1957).— В сб.: Исследование мирового пространства. Пер. с англ. М., 1959.
151. Realities of Space Travel. Ed. L. J. Carter. London, 1957.
152. *Лей В.* Ракеты и полеты в космос (1958). Пер. с англ. М., 1961.
153. *Феодосьев В. И., Синярев Г. Б.* Введение в ракетную технику. М., Оборонгиз, 1960.
154. *Ehrlicke K. A.* Prelude to Space Flight.— In: «Space Flight, vol. I». N. Y., 1960 (В русск. переводе. *Краффт Эрик.* Космический полет, т. 1. М., 1963).
155. A Chronology of Missile and Astronautic Events. N.-Y., 1961.
156. Aeronautics and Astronautics. An American Chronology of Science and Technology in the Exploration of Space (1915—1960). N.-Y., 1961.
157. Astronautical Engineering and Science. From Peenemünde to Planetary Space. N.-Y., 1963.
158. *Сокольский В. Н.* Работы отечественных ученых — пионеров ракетной техники (исторический очерк).— В сб.: Пионеры ракетной техники (1964) [160, с. 601—633].
159. Из истории ракетной техники. М., «Наука», 1964.
160. Пионеры ракетной техники. Кибальчич, Циолковский, Цандер, Кондратюк. Избранные труды. М., «Наука», 1964.

161. The History of Rocket Technology. Ed. E. M. Emme. Detroit, 1964.
162. *Braun von W., Ordway F. I.* History of Rocketry and Space Travel. N.-Y., 1966.
163. Из истории астронавтики и ракетной техники. Материалы XVIII Межд. астронавт. конгресса (1967). М., «Наука», 1970.
164. Материалы XIII Межд. конгресса по истории науки (1971).— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 17—18. М., 1972.
165. Пионеры ракетной техники. Ветчинкин, Глушко, Королев, Тихонравов. Избранные труды. М., «Наука», 1972.
166. *Сокольский В. Н.* О работах Г. Гансвиндта над решением проблемы космического полета.— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 20. М., 1973.
167. *Мошкин Е. К.* Развитие отечественного ракетного двигателестроения. М., «Машиностроение», 1973.
168. *Сокольский В. Н.* Краткий очерк развития ракетной техники (до конца второй мировой войны).— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 26. М., 1975, с. 113—144.
169. *Бирюков Ю. В.* К 40-летию современного ракетостроения в СССР.— «Из истории авиации и космонавтики», вып. 28. М., 1976, с. 41—52.
170. Пионеры ракетной техники. Гансвиндт, Годдард, Эсно-Пельтри, Оберт, Гоман. Избранные труды. М., «Наука», 1977.
171. *Космодемьянский А. А.* Константин Эдуардович Циолковский. М., «Наука», 1976.
172. *Лан В. И.* США: от первой до второй мировой войны. М., «Наука», 1976.

Приложение

Некоторые дополнительные данные о важнейших жидкостных ракетах и двигателях, испытанных Р. Х. Годдардом в 1929—1940 гг.

ЖРД с камерой прямоугольного сечения (декабрь 1929 г.): ширина грани 12,5 см, длина прямоугольной части 26,5 см, общая длина с пирамидальным соплом около 70 см, ширина грани критического сечения 12,8 мм, вес камеры 2,3 кг.

ЖРД с цилиндрической камерой (февраль 1930 г.): диаметр камеры 10,5 см, длина цилиндрической части 25,4 см, длина с соплом 48 см, диаметр горла 25 мм, угол конусности сопла около 10° , вес 1,9 кг [4, p. 7].

ЖРД с трубчатым кожухом (ноябрь 1930 г.): вес камеры с кожухом 2,3 кг, без кожуха 1,4 кг; кожух: 16 медных трубок с наружным диаметром 6,3 мм и толщиной стенки 0,8 мм [4, p. 20—21].

Ракета с кислородным баллоном (декабрь 1930 г.): длина 3,4 м, вес конструкции 15,2 кг, диаметр баков 13,5 см; баллон: диаметр 23 см, длина 50 см, давление 16 атм [4, p. 23]. Вес топлива 5,9 [104, p. 8]; стартовый вес 21,1 кг.

ЖРД со сферической камерой (январь — апрель 1931 г.): диаметр 23 см, толщина стенки 0,8 мм, вес 1,6 кг [4, p. 27].

ЖРД с цилиндрической камерой и трубчатым кожухом у сопла (май 1931 г.): диаметр 14,3 см, длина цилиндрической части (с 120° -градусными конусами на концах) 27,9 см, длина с соплом 63,4 см, диаметр горла 36 мм, диаметр выходного сечения 8,9 см, вес с кожухом 3,2 кг, без кожуха 2,3 кг; кожух: 26 трубок диаметром 4,8 мм с толщиной стенки 0,4 мм [4, p. 31].

Ракета (сентябрь 1931 г.): длина 3 м, диаметр 30,5 см (баков 24 см), вес конструкции 16,8 кг, вес с топливом 39,6 кг емкости кислородных и бензиновых баков, по нашим подсчетам, 11,5 и 18,4 л (полный запас топлива 27,8 кг, т. е. на 5 кг больше фактического, а максимальный коэффициент наполнения 0,61).

Ракета с наддувом от бака с жидким азотом (ноябрь 1931 г.): диаметр азотного бака 12,7 см, длина 22,8 см.

Ракета с гироскопической стабилизацией (май 1935 г.): вес топлива составлял 20—25 кг, тяга 100—120 кг (оценка автора).

Ракета (сентябрь 1935 г.): камера сгорания — диаметр 25,4 см, длина цилиндрической части 38 см, длина с соплом 99 см, диаметр горла 62 мм, диаметр выходного сечения 13,9 см, вес 8,2 кг, тяга 200—360 кг, расход топлива 3,3 кг/с, соотношение компонентов топлива 0,86—1,5, удельная тяга до 135 с, время работы до 14 с, давление в камере 9,7 атм, давление наддува 14,5 атм [4, р. 100].

Ракета «L-2» (июнь 1936 г.): вес конструкции 88 кг, вес с топливом 163 кг, тяга ЖРД 250—270 кг [104, р. 16а].

Ракета «L-5» (июль 1936 г.): диаметр 45,6 см, длина 4,07 м.

Ракета «L-6» (октябрь 1936 г.): вес конструкции 69 кг, максимальный запас топлива и жидкого азота 75 кг (в полете составлял лишь 41,2 кг) [4, р. 118]. Коэффициент наполнения 0,52.

Ракета «L-7» с четырехкамерной двигательной установкой (ноябрь 1936 г.): вес конструкции 52 кг, вес с топливом 91,6 кг [4, р. 120].

Ракета «L-10» без системы стабилизации (декабрь 1936 г.): вес конструкции 35,4 кг, вес с топливом 57,7 кг [104, р. 18]. Давление азота в баллоне 16—18 атм.

Ракета «L-11» с гиросtabilизацией (февраль 1937 г.): вес конструкции 46,3 кг, вес с топливом 67,6 кг, длина 5,08 м, диаметр 23 см [4, р. 133—134].

Ракета «L-13» (март 1937 г.): вес конструкции 45,4 кг, вес с топливом 77,3 кг [4, р. 135].

Ракета «L-15» (май 1937 г.): вес конструкции 41,4 кг, вес с топливом около 73 кг, длина 5,4 м.

Ракета «L-16» (июль 1937 г.): вес конструкции 42,4 кг, вес с топливом 73,4 кг, тяга ЖРД (по данным статических испытаний) 103—216 кг, удельная тяга до 165 с, длина 5,6 м, диаметр 22,8 см [5, р. 1667; 104, р. 19].

Ракета «L-20» (ноябрь 1937): вес конструкции 36,2 кг, вес с топливом 78,2 кг, тяга ЖРД 103 кг, удельная тяга 123 с [4, р. 162].

Ракета «L-24», стендовая (начало 1938 г.): тяга 217 кг, удельная тяга 160 с.

Ракета «L-28» (апрель 1938 г.): вес конструкции 41 кг, вес с топливом 66,2 кг [4, р. 183].

Ракета «P-15» с турбонасосной системой подачи (февраль 1940 г.): вес конструкции 118 кг, вес с топливом около 335 кг, тяга ЖРД до 360 кг, длина 6,7 м, диаметр 46 см [4, р. 256].

Оглавление

Введение	5
Глава первая	
«Метод достижения предельных высот»	11
Основные принципы (11). Уравнение движения ракеты (15). Расчеты (19). Ступенчатые и «космические» ракеты (21). Эксперименты в атмосфере (25). Вакуумные испытания (28).	
Глава вторая	
От школьных сочинений к монографии	34
Детство и юность (34). «Зеленые записные книжки» (38). Первые расчеты (44). Университет (51). В Принстоне (54). Первые ракетные патенты (57). Начальный вариант «Метода» (61). Второй вариант «Метода» (65). В поисках субсидий (67).	
Глава третья	
Многоярдная ракета — годы тщетных усилий . . .	72
Начало опытно-конструкторских работ (72). По военным контрактам (75). Ракетное оружие (79). Испытания (82). Демонстрация ракеты в Абердине (90). «Метод» издан — метод не работает (93).	
Глава четвертая	
Жидкостные ракеты	98
От идеи к экспериментам (98). Первый ЖРД на стенде (104). Ракета не хочет лететь (110). Ракета в воздухе! (116). «Большая ракета» (123). Снова отступление (130). «Шумный» полет 1929 г. (134).	
Глава пятая	
Вклад в теорию космонавтики	141
Ранние идеи (141). Первый «космический» доклад (147). Poleмика (151). Третий и четвертый «космические» доклады (157).	
Глава шестая	
Ракетные разработки 30-х годов	166
Испытания в Кемп-Девенсе (166). Субсидия Гуггенхайма (172). Новый полигон (175). Гироскопический стабилизатор (183). Снова университет (188). Высота — два километра! (190). Ракеты серии «L» (197).	
Заключение	208
Даты жизни и деятельности Р. Х. Годдарда	211
Библиография	213
Приложение	221

Игорь Николаевич Бубнов

Роберт Годдард

1882 — 1945

Утверждено к печати редколлекцией
научно-биографической серии
Академии наук СССР

Редактор *В. К. Низковский*
Художественный редактор *И. В. Разина*
Технический редактор *Н. П. Кузнецова*
Корректоры *Б. И. Рывин, В. А. Шварцер*

ИБ № 7386

Сдано в набор 18.01.78

Подписано к печати 14.08.78.

Т-14039. Формат 24×108^{1/32}

Бумага типографская № 1. Гарнитура обыкновенная

Печать высокая. Усл. печ. л. 11,76

Уч.-изд. л. 11,9 Тираж 29500 Тип. зак. 119

Цена 80 коп.

Издательство «Наука»

117485, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 94-а

2-я типография издательства «Наука». 121099,

Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

Роберт ГОДДАРД

И. Н. Бубнов



И. Н. Бубнов

**Роберт
ГОДДАРД**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ВЫШЛА ИЗ ПЕЧАТИ КНИГА:

А. Н. Кривомазов
ФРЕДЕРИК СОДДИ.

11 л. 75 к.

Книга посвящена жизни, научной и общественной деятельности выдающегося английского радиомеханика, лауреата Нобелевской премии Фредерика Содди (1877—1956). Обсуждаются его наиболее важные исследования в области физики и химии, легшие в основу учения о радиоактивности. Рассказывается о научно-популярных книгах и о трудах, в которых Содди высказывает свои взгляды на роль науки и ученых в современном обществе, на возможность использования атомной энергии на благо человечества.

Рассчитана на широкий круг читателей.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов «Книга — почтой» «Академкнига»:

- 480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97
- 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13
- 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95
- 252030 Киев, ул. Пирогова, 4
- 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2
- 197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7-А
- 117464 Москва, В-464, Мичуринский проспект, 12
- 630090 Новосибирск, 90, Морской проспект, 22
- 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137
- 700029 Ташкент, Л-29, ул. К. Маркса, 28
- 450074 Уфа, проспект Октября, 129
- 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42
- 310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6.

80 коп.