



ТРУДЫ
XIII
МЕЖДУНАРОДНОГО
КОНГРЕССА
ПО ИСТОРИИ НАУКИ

СЕКЦИЯ XII

ACTES
SECTION XII

PROCEEDINGS
SECTION XII

BEITRÄGE
SEKTION XII



**ТРУДЫ XIII МЕЖДУНАРОДНОГО КОНГРЕССА
ПО ИСТОРИИ НАУКИ**

МОСКВА, 18–24 АВГУСТА, 1971 г.

**ACTES du XIII^e CONGRES INTERNATIONAL
D'HISTOIRE DES SCIENCES**

MOSCOU, 18–24 AOÛT, 1971

**PROCEEDINGS of XIIIth INTERNATIONAL
CONGRESS
OF THE HISTORY OF SCIENCE**

MOSCOW, AUGUST 18–24, 1971

**BEITRÄGE zum XIII INTERNATIONALEN
KONGRESS FÜR GESCHICHTE
DER WISSENSCHAFT**

Moskau, 18–24 AUGUST, 1971

БЮРО ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

академик Б. М. КЕДРОВ

ЗАМЕСТИТЕЛИ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ:

доктор физико-математических наук А. Т. ГРИГОРЬЯН

член-корреспондент АН СССР С. Р. МИКУЛИНСКИЙ

кандидат технических наук А. С. ФЕДОРОВ

доктор физико-математических наук А. П. ЮШКЕВИЧ

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

кандидат физико-математических наук А. И. ВОЛОДАРСКИЙ

BUREAU DU COMITE D'ORGANISATION

PRÉSIDENT

Prof. Boniface KEDROV

VICE-PRÉSIDENTS:

Dr. Alexandre FEDOROV

Prof. Achote GRIGORIAN

Prof. Semen MIKOULINSKI

Prof. Adolphe YOUSCHKEVITCH

SECRETARE

Dr. Alexandre VOLODARSKI

СЕКЦИЯ XII SECTION XII SECTION XII
SEKTION XII

**ИСТОРИЯ АВИАЦИОННОЙ,
РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ
НАУКИ И ТЕХНИКИ**

**HISTOIRE DE LA SCIENCE
ET DES TECHNIQUES
D'AÉRONAUTIQUE,
DES FUSÉES ET DE L'ESPACE**

**THE HISTORY OF AIRCRAFT,
ROCKET AND SPACE SCIENCE
AND TECHNOLOGY**

**GESCHICHTE DER LUFTFAHRT,
RAKETEN- UND WELTRAUMFAHRT-
WISSENSCHAFT UND TECHNIK**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

EDITIONS «ΝΑΟΥΚΑ»

Москва 1974

Настоящий том является одним из 13 томов издания "Труды XIII Международного конгресса по истории науки", который проходил в Москве с 18 по 24 августа 1971 г. В этом томе содержатся доклады, прочитанные на секции "История авиационной, ракетной и космической науки и техники".

Руководитель секции А.А.Благонравов
Président de la Section A.A. Blagonravov
Chairman of the section A.A. Blagonravov
Vorsitzender der Sektion A.A. Blagonravov

Издание осуществлено способом офсетной печати с оригиналов, представленных Оргкомитетом XIII Международного конгресса по истории науки.

Тексты докладов на английском, немецком, русском, французском языках публикуются с оригиналов, представленных авторами.

A. A. Blagonravov, V.N. Sokolsky (USSR)
MAIN ORIENTATIONS OF STUDY IN THE HISTORY
OF AVIATION AND COSMONAUTICS

Aviation and rocket-space science and technology are acquiring steadily increasing importance in the life of modern society. During the past few decades aviation and then cosmonautics have invariably been in the forefront of scientific and technological progress, making wide use of the basic achievements in various branches of science and technology and, in their turn, substantially influencing the character and orientation of many spheres of science and technology.

As key areas of the present-day scientific and technological revolution aviation and cosmonautics are exerting a considerable influence on the development not only of individual branches of science and technology but also of society as a whole.

It is not surprising, therefore, that immense interest is displayed by large sections of society in the development of aviation and cosmonautics and in their history, which forms one of the most vivid chapters of the history of science and technology.

Also natural is the fact that for many years the history of these spheres has been receiving close attention in the Soviet Union, whose scientists have made a fundamental contribution to the development of aviation and rocket-space science and technology.

Lately, on account of the major advances in aviation and, particularly, in cosmonautics, interest in their history has grown markedly not only in the USSR but throughout the world. During the past 10-15 years a large number of books and papers on the history of aviation and cosmonautics has been published in a number of countries, many research teams are functioning and work in this area is actively promoted by the national federations of the International Association of the History and Philosophy of Science. Much is being done to encourage and coordinate these researches by the International Committee on the History of Rocket-Space Technology that was set up about 10 years ago by the International Academy of Astronautics.

However, an analysis of the present stage of research in the history of aviation and cosmonautics shows that despite the unquestioned achievements of the past 10-15 years it still does not fully meet with the requirements made of these areas of knowledge by the development of aviation and rocketry and the present level of historical-scientific analysis. These requirements are growing steadily, and what to a certain extent conformed to the tasks that faced historians of the natural sciences and technology in the 1950s-1960s can no longer satisfy us today.

The level of historical-scientific research in aviation and cosmonautics is one of the basic problems. Today the history of the natural sciences and technology is increasingly becoming an independent science with its own specifics and methods. This requires a substantially higher level of professional training for the researchers working in that area.

Regrettably, many of the published works on the history of aviation and cosmonautics do not meet with the requirements made of historical-scientific research: they are rather descriptive than investigative and, in many cases, far from resolving historical-scientific problems, they do not even raise these problems.

Of course, this does not mean that there is no need for serious historical study. Every science, including the history of aviation and cosmonautics can develop only on the basis of undisputable, scientifically authentic facts. For that reason considerable importance continues to be attached to the ascertaining, collection, systematisation and analysis of primary material on the history of aviation and rocket-space science and technology. Here we can single out two orientations:

1) collection, systematisation and analysis of documents and literary sources;

2) study of the reminiscences of the participants and eyewitnesses of events.

The first orientation is fundamental and every serious scientific study must be based on it. For that reason the historians of aviation and cosmonautics continued to be faced with the task of preparing and publishing reference and documentary materials, which should include:

- a) collections of documents and materials,
- b) chronological tables,
- c) bibliographical dictionaries,
- d) photographs, films, recordings, and other materials.

However, one should not confine oneself to this because documents and literary sources frequently do not make it possible to give an integral picture of the actual history of various events. In this case considerable assistance may be rendered by the reminiscences of the participants and eyewitnesses of events. In this respect, the history of aviation and rocket-space science and technology is in a very favourable position, for many of the people who witnessed the initial phases of the development of aviation and most of the pioneers of rocketry and cosmonautics are still alive.

For that reason memoirs can be a very important additional source of the information needed to give a correct picture of

historical events. Much has been done in this direction, but we feel that this is only the first step and that the work should be continued and developed. In particular, attention should be given to the organisation of the collection of the reminiscences of scientists and engineers, i.e., the direct participants in the creation of aviation and rocket technology. It seems that the question of setting up a centralised library of the recordings of their reminiscences and pronouncements has matured.

However, it must be clearly borne in mind that in one way or another reminiscences are subjective. Moreover, in some cases they are affected by the imperfection of the human memory. For that reason they must be regarded only as additional material that widens and specifies documentary sources, which must be used as the foundation of research.

The collection, systematisation and presentation of factual material are, as we have said, extremely important and necessary, but this is not all. It is only the necessary foundation for historical-scientific research.

Regrettably, in many of the books that have appeared in recent years on the history of aviation and cosmonautics the authors confine themselves to a statement of facts without setting themselves the aim of making a serious critical analysis of the described events, showing the internal and external links, establishing the causal dependence or resolving other historical-scientific problems.

At the same time it is quite obvious that a historical-scientific analysis of the laws governing the development of aviation and cosmonautics must become the central orientation of research. This work must show the basic trends in the development of aviation and rocket-space science and technology, the main issues linked with the appearance of new scientific ideas, new developments in design and new methods of research, designing and computation.

One should avoid supplanting an analysis of the development of the science and technology by a simple listing of what has been achieved in a given field and in a given period of time. One should not only relate what has been achieved by individual scientists and engineers, trace the development of aviation and cosmonautics in one country or another, and show the evolution of the various branches of aviation or rocket-space science and technology as a whole, but also explain the reasons motivating a specific orientation of this development, analyze errors and bring to light the basic laws and trends of the development of aviation and rocket-space science and technology.

The researcher working in this area has a very wide field of activity. The history of aviation and cosmonautics still has very many problems that have been either inadequately studied or not investigated at all. This concerns the early periods and, in particular, the latest history of the exploration of air and outer space.

Very little has been done to study the history of various individual branches of aviation and rocket-space science and technology. Whereas several score of fundamental works and a quite large number of books and papers have been published on the history of flying apparatuses and engines, serious studies of the history of other orientations -- systems of control, instruments and radio equipment, the technology of production, ground equipment, flight tests, and so forth -- are today only appearing.

Whereas at the early phases of the development of aviation and rocketry success was indeed determined chiefly by the improved design of flying apparatuses and engines, today very much depends on other orientations, the correlation between the various branches of aviation and rocket technology has essenti-

ally changed and there is a more acute need for expanding the problematics of historical-scientific research.

Almost no attention is given to questions such as the history of the organisation of scientific and technical research in aviation and cosmonautics, and the development of industry and production in these areas, while the study of the history of the various scientific schools and design organisations still lacks sufficient depth. True, here one cannot complain of a lack or insufficiency of books devoted to the history of individual firms or even individual types of flying apparatuses. However, in most cases these publications offer only a description of the apparatuses or engines built within a definite period without making a serious attempt at a scientific and technical analysis of the achieved results, of the selected ways of development and of the "individuality" of the heads of the different schools.

These publications should be regarded as reference material indisputably necessary for an historical research but not as actual studies. At present there is an acute need for studies offering a serious analysis of the work of individual scientific schools and teams of designers who have made a large contribution to the development of aviation and rocket-space science and technology.

The question of the reciprocal influence of aviation and rocket-space technology is of undoubted interest. The press frequently writes that aviation is the cradle of cosmonautics, but nothing has been done to make a comprehensive study of how aviation influenced the development of rocket-space technology and how, in its turn, cosmonautics influences the development of aviation.

Lately, increasing attention is being received by research in the logics of the development of aviation and rocket-

space science and technology and also in the psychology of scientific and technical thinking in these areas. But this is only the initial step. For the further unfolding of these studies it is necessary to enlist the aid of specialists in the logic of the development of science and in the psychology of scientific and engineering thought.

A special place is occupied by works devoted to the study of the scientific heritage of the founders of aviation and rocket-space technology. The study of the scientific and technical work of outstanding scientists and engineers, who played the fundamental role in the development of aviation and cosmonautics, is of immense interest.

Two phases of this work should be borne in mind. One is the publication of the works of these outstanding scientists. In this field quite a lot has been done, but there is still very much to do. The collected works of N.Y. Zhukovsky, S.A. Chaplygin, K.E. Tsiolkovsky, R. Goddard and other scientists have been published, and the publication of series of collected and individual works of the founders of rocketry is continuing.

However, very much remains to be done. Suffice it to say that to this day many of Tsiolkovsky's manuscripts have not been published, hundreds of pages of Tsander's shorthand notes have not been deciphered, and the study of S.P. Korolyov's creative heritage has only just been started. Much also remains to be done to bring into scientific circulation some of the fundamental works of foreign scientists such as H. Ganswindt, R. Esnault-Pelterie, R. Goddard, H. Oberth, W. Hohmann, H. von Pirke, F. von Hoefft, F. Ulinsky, E. Sänger and others.

Of still greater importance is the next phase of this work, namely the study of the scientific heritage of the founders of aviation and rocket science and technology and of the im-

pect of their ideas on the further development of these fields.

The study of the creative heritage of outstanding scientists and engineers is of great importance for researchers working in the sphere of the history of science and for specialists in various spheres of the natural sciences and technology. An acquaintance with the fundamental works of the classics of science and technology and a study of their scientific heritage will bring to light their methods of work and make it possible to understand the uniqueness of their creative methods. This is of immense significance to the history of science and technology and to the methodology of scientific and technical research

* * *

In the Soviet Union research into the creative work of the founders of aviation and cosmonautics is conducted by the USSR Academy of Sciences' Commission for the Study of the Scientific Heritage of Tsiolkovsky and Tsander, the Institute of the History of the Natural Sciences and Technology of the USSR Academy of Sciences, the Zhukovsky Scientific Memorial Museum and other research organisations. The scientific readings held regularly in Kaluga and Riga in commemoration of Tsiolkovsky and Tsander are contributing to this work. However, the results reported at these readings must be regarded as only the initial stage of investigations, because only individual aspects of the work of these scientists are studied. Very much remains to be done to make a comprehensive study of their work and to show the influence of individual scientists and scientific schools on the development of aviation and cosmonautics.

Lately, researchers have been increasingly attracted by the possibility of using mathematical methods in studying the history of the natural sciences and technology. This is an ex-

tremely urgent question because, evidently, in the history of aviation and cosmonautics the problem has arisen of a more determined switch from qualitative to quantitative assessments based on scrupulously worked objective criteria of the development of aviation and rocket-space technology.

Regrettably, these researches have not been logically consummated, but the attempts that have been made are of undoubted interest and this orientation unquestionably merits attention because it prepares the ground for scientifically substantiated modelling and then for forecasting the development of science and technology.

In this connection special significance attaches to the question of the method of collecting, storing and processing information. Means of mechanisation and automation that facilitate the processing and search of needed material are beginning more and more to enter into the practice of researchers in the history of science and technology. It is evidently necessary to consider the question of applying mathematical methods for processing information also in the sphere of the history of aviation and cosmonautics.

The question of teaching the history of aviation and rocketry at institutions of higher learning is of considerable importance. At present there is hardly any doubt that a skilled specialist must be well versed in the history of his sphere of knowledge. Regrettably, however, it must be stated that this indisputable fact is still not translated into life.

Evidently, the possibility of organising the appropriate courses at institutions of higher learning must be considered. However, this can only be done provided there are trained teachers and an adequate number of serious textbooks and study aids. It must be noted that very little progress has been made to resolve this problem. There is still not a single work that may

be unreservedly recommended as a textbook on the history of aviation or rocketry.

Therefore a very urgent task facing historians of aviation and cosmonautics is that of producing such a work that may be regarded as a valuable textbook or study aid for a course in the history of aviation or rocketry. This is undoubtedly a complex task, but the solution of the problem of organising such courses at institutions of higher learning depends to a considerable extent on its successful fulfilment and also on the training of teachers in these subjects.

The problem of training scientists specialising in the history of aviation and cosmonautics is also extremely important and complex. To a considerable degree this problem is compounded by the fact that in the Soviet Union no institution of higher learning trains or shall in the immediate future be in a position to train such specialists.

At the same time, it is quite obvious that, being a component of the general history of science and technology, the history of aviation and cosmonautics is, naturally, governed by the same laws as the science of the development of society and that it uses the same methods of research.

For that reason the historian of aviation and cosmonautics must have not only special knowledge in aviation or rocket-space science and technology (which is an absolutely necessary but a far from adequate condition) but also knowledge in the methodology of historical-scientific research.

All this adds to the considerable difficulties of training specialists in the history of aviation and cosmonautics.

The USSR Academy of Sciences' Institute of the History of the Natural Sciences and Technology, which since 1953 has been training researchers in the history of aviation and cosmonautics, is today practically the only centre in the Soviet Union systematically training cadres for this field of science. Since

the close of the 1960s similar work has been conducted by the Commission for the Study of the Scientific Heritage of Tsiolkovsky and Tsander. In future it will evidently be necessary to consider opening other centres for the training of specialists in the history of the development of air and outer space.

We have already noted that most of the researchers in the history of aviation and cosmonautics are specialists in aviation and rocket science and technology. However, a contribution to the elaboration of historical-scientific problems in this sphere can be made by other specialists -- historians, philosophers, sociologists, economists and psychologists. Their participation can be particularly important in the study of problems such as the development of the idea of space flight, the character of the development of aviation and rocket technology under various socio-economic conditions, and in the exceedingly important problem of the influence of aviation and cosmonautics on the development of society.

A large role can be played by international scientific co-operation in the study of the history of aviation and cosmonautics. Until recently students of the history of aviation and rocket technology have, as a rule, either confined themselves to a study of the historical events in their own country or uncritically based their research on materials already published in the works of foreign authors and thereby making more or considerable errors due to their insufficient knowledge of the history of technology in other countries.

At first sight, this seems to be natural and difficult to overcome because in most cases the archives of other countries are inaccessible to foreign researchers. However, the experience of other spheres of historical science shows that provided international scientific co-operation is properly organised this difficulty can be largely removed.

The experience of the Soviet Association of Historians of Science and Technology, which has already taken the first steps in that direction, is evidence of the productiveness of exchanges of scientific publications and other materials on the history of aviation and cosmonautics. Some assistance in the solution of these problems is rendered also by the International Committee on the History of Rocket-Space Technology, which is to some extent helping to broaden contacts between students of the history of rocket-space technology in different countries.

Regrettably, no analogous centre of the history of aviation science and technology has been set up, and this somewhat complicates the establishment of contacts between scientists working in that sphere. In particular, this is evidently affecting also the subject matter of the present Congress, at which the number of foreign papers on the history of aviation is considerably smaller than the number of papers on the history of rocket-space technology.

A properly organised bibliographical service in the history of aviation and cosmonautics can be of considerable assistance to researchers. However, very little has been done in that direction. So far in practically no country are there fully systematised reviews of the published works on the history of aviation and rocket-space technology. This is greatly compounding research, and a frequent outcome is that some researchers study anew problems that have already been dealt with in published works. One can therefore appreciate that the creation of serious bibliographical reviews and of historiographical works on aviation and cosmonautics is an urgent task that must be carried out as soon as possible.

Lastly, there is the extremely important question of the chronological framework of scientific-historical research.

For a long time most researchers had confined themselves to the period preceding the October Revolution, going no farther than the end of the First World War. During the past two decades this framework has been somewhat enlarged and it is now possible to name quite a large number of historical-scientific works that embrace the period between the two world wars.

However, even this is now evidently not enough. We feel that the time has come when the sphere of serious historical-scientific research must cover developments of the 1940s-1950s and even the 1960s.

So far very little has been done in that direction. True, quite a large number of papers have been written that touch upon developments almost to the present, but in most cases the material lacks fullness and, particularly, depth. Moreover, the inevitable danger is that instead of engaging in a serious historical-scientific analysis researchers simply review events. We find this in many of the recently published papers.

It must be noted that the method of studying the latest history of various branches of technology (over a relatively short period of 10-20 years) has not been worked out comprehensively also in the sphere of the history of the natural sciences and technology as a whole. This is a very important problem and the scientists studying the history of aviation and cosmonautics should seriously consider the ways and means of resolving it.

In this connection immense significance attaches to the problem of storing documents on the latest history of aviation and cosmonautics. It must be noted that on account of the growing volume of information its full preservation is not always ensured. Regrettably, we find instances where materials of great interest to the history of aviation and rocket science and technology are lost without trace to researchers. This problem must therefore be urgently resolved.

Even a very brief review of some basic orientations of research in the history of aviation and cosmonautics shows that the tasks facing researchers in this sphere are important and complex. They can only be resolved through the combined efforts of many specialists studying the history of aviation and rocket-space science and technology, a large number of whom are present here today in this hall.

Therefore, in conclusion, I should like to express the hope that many of the above-mentioned problems will soon be successfully resolved and that our Congress will represent a landmark in the development of historical-scientific research in the sphere of aviation and rocket-space science and technology.

L. Blosset (France)

TRAVAUX DE R.ÉSNAULT-PELTERIE DANS LE DOMAINE
DE LA SCIENCE ET DE TECHNIQUE DE L'ASTRONAUTIQUE

Robert ESNAULT-PELTERIE (REP pour tous ceux qui l'ont connu) est l'un des premiers pionniers qui aient prévu par leurs études théoriques et confirmé par leurs expériences les possibilités de l'astronautique, après celles de l'aviation,

Sa clairvoyance et l'envergure de ses travaux sur les problèmes spatiaux se sont pourtant heurtées à une profonde incompréhension et à de paralysantes difficultés matérielles et financières.

Il fut très peu soutenu par les pouvoirs publics et par l'industrie car on ne croyait pas à ses projets.

Etant donné le nombre et la valeur de ses vues originales, que n'aurait-il pu réaliser s'il avait été compris et aidé.

Certains ont dit, notamment M. Werner von Braun dans une Encyclopédie récente, que REP avait eu sur les autres pionniers de l'espace le grand avantage d'avoir été célèbre de son vivant. C'est peut-être vrai pour l'aviation et absolument faux pour l'espace. On a même pu écrire à ce sujet qu'il suffisait, avant la dernière guerre, qu'un rapport fût signé ESNAULT-PELTERIE pour que les Services officiels auxquels il était adressé le mettent aussitôt au rebut.

Dès 1908, REP avait déjà conçu toutes les possibilités de voyage dans l'espace. Il en subsiste une trace dans le livre du Capitaine Ferber "De crête à crête, de ville à ville, de continent à continent" qui cite les travaux de REP dans un texte daté du 26 juillet 1908 (1, p.161).

A l'insu de REP, qui ne le connut qu'à la fin de 1912, un hansais le Dr André BING avait pris, le 10 juin 1911, un brevet belge pour un "appareil destiné à permettre l'exploration des hautes régions de l'atmosphère, si raréfiée que soit cette atmosphère", brevet dans lequel il faisait état de la possibilité de "dépassement des limites de l'atmosphère terrestre" avec des "fusées successives" et en utilisant l'énergie nucléaire.

Peu après, le 15 novembre 1912, dans une communication retentissante à la Société Française de Physique, à Paris, REP expose ses "considérations sur les résultats de l'allègement indéfini des moteurs" et, bravant les sarcasmes, montre, le premier, la possibilité théorique pour un mobile doué de certaines propriétés de se déplacer entre la Terre et la Lune. Il prévoit en outre la réalisation de véhicules intersidéraux lorsque l'énergie atomique sera maîtrisée.

Lors de la publication de la conférence de REP en 1912²⁾, les lignes et même les mots furent si parcimonieusement comptés par le Secrétaire du Journal de Physique que la pensée de l'au-

teur est souvent rendue à peine intelligible du fait de suppressions de larges parties du texte. Ledit Secrétaire général avait été en effet épouvanté par la teneur de l'exposé dont REP avait par prudence déguisé l'objet réel par un titre anodin. La traduction en anglais du texte intégral de cette conférence fut distribuée à titre commémoratif aux membres du Congrès International d'Astronautique d'Amsterdam en 1958.

REP a déploré cette condensation exagérée, imposée pour l'impression de la conférence, qui a été responsable de l'apparente divergence des conclusions de Goddard et des siennes sur la possibilité de réaliser à cette époque un véhicule capable de s'affranchir du joug de l'attraction terrestre. Goddard, en fait, voulait simplement à ce moment envoyer sur la Lune un projectile chargé de poudre et en constater l'arrivée au télescope. REP envisageait les conditions à réaliser pour qu'un véhicule puisse transporter des êtres vivants d'un astre à l'autre et les ramener sur la Terre; ses conclusions plus pessimistes tenaient à l'importance de la masse initiale pour la propulsion d'une masse finale assez faible et aux moyens limités dont on disposait alors.

La Conférence contient toutes les bases théoriques de l'auto-propulsion, dissipant le mythe de la fusée qui "s'appuie sur l'air" et donnant l'équation réelle du mouvement. Elle prévoit déjà l'intérêt de propulseurs auxiliaires pour diriger la fusée et lui assurer une maniabilité complète. On y trouve les calculs relatifs à la vitesse critique de libération et aux phases du voyage aller-retour Terre-Lune temps et vitesses durée des voyages vers la Lune, Mars, Vénus. Y figurent également des considérations thermiques, notamment sur l'effet de la nature de la face tournée vers le Soleil (métal poli ou surface noire).

Cette Conférence de 1912 constitue la première étude purement scientifique marquant la naissance de l'Astronautique. REP est ainsi le fondateur de l'astronautique théorique.

Si la prescience et le mérite, dès 1903, de l'utilisation de la fusée dans l'espace reviennent entièrement à Ziolkowsky, c'est à REP qu'on doit d'avoir mis le premier le problème en équation et d'avoir établi la théorie mathématique des voyages interplanétaires.*)

Après la guerre, en 1920, il reprit ses études sur les vitesses d'éjection, mais les résultats, rappelés par son ami André-Louis HIRSCH, ne furent pas publiés à l'époque.³⁾

Le 8 juin 1927, il présente à la Sorbonne une conférence sur "l'exploration par fusées de la très haute atmosphère et la possibilité de voyages interplanétaires"⁴⁾ Il y précise très clairement les bases théoriques relatives notamment à l'importance du rôle de la vitesse d'éjection et du rapport de la masse finale ainsi que la théorie de la détente des gaz dans une tuyère convergente-divergente.

Puis REP entreprend la construction d'une fusée stratosphérique et poursuit de nombreux travaux sur les combustibles liquides qu'il choisit de préférence aux poudres pour la propulsion des fusées, mais il ne dispose hélas que de moyens très insuffisants.

Croyant que le maniement de l'oxygène liquide est particulièrement dangereux, il lui semble plus raisonnable d'envisager l'usage d'un explosif liquide: le tétranitrométhane. Mal lui en prend, car cet explosif ultra-sensible provoque, le 9 octobre 1931, un accident qui lui coûte quatre doigts de la main gauche. Cependant cet accident remue l'inertie de l'Administration qui, sur l'initiative du Général FERRIE, accorde enfin une subvention à REP; celle-ci est toutefois si maigre qu'elle ne lui permet que d'étudier certains appareils, mais sans pouvoir passer à leur fabrication.

REP eut conscience, sans doute le premier, du danger que présentaient les fusées comme armes de guerre avec possibilité d'un tir intercontinental et il s'en inquiéta. Pourtant il pensa d'abord préférable de garder le silence. La publicité que la presse donna à ses travaux de 1927 sur "l'exploration par fusées de la très haute atmosphère" lui valut un grand nombre de lettres qui lui donnèrent connaissance de travaux qu'il ignorait: "Die Rakete zu den Planetenräumen", par Hermann OBERTH (1923); "Die Erreichbarkeit der Himmelskörper", par Walter HOHMANN (1925); "Der Vorstoss in den Weltenraum", par Max VALIER (1925).

Il estima alors que son devoir changeait et qu'il devait faire connaître aux pouvoirs publics de son pays les conclusions de ses travaux et, en même temps que les dangers encourus, les moyens de mettre au point des méthodes pour envoyer, à plusieurs centaines de kilomètres, des milliers de tonnes de projectiles en quelques heures. Utilisant les premiers calculs qu'il avait faits en 1920 avec deux de ses collaborateurs, MM. SCAL et MARCUS, il se décidait à établir un premier rapport secret adressé le 20 mai 1928 à son ami le Général FERRIE qui le transmit à son Administration.⁵⁾ Ce rapport théorique démontrait qu'il était alors possible d'atteindre une portée de 2267 km avec une vitesse d'éjection de 2667 m/s (REP constata d'ailleurs par la suite que cette valeur était optimiste pour l'époque). REP étudia en outre en outre dans le détail le cas particulier d'une portée de 600 km en précisant tous les rapports de masse et notamment le rendement balistique de la fusée (proportion entre le poids de mélange propulsif nécessaire et le poids des projectiles envoyés à cette distance), tant pour les mélanges essence/péroxyde d'azote qu'il avait pris comme exemple que pour la poudre spéciale utilisée alors par le Professeur GODDARD.

Ce mémoire s'achevait sur une étude économique comparative entre les bombardements par fusées et les bombardements par avion et concluait que les fusées à longue portée paraissaient constituer l'artillerie de l'avenir.

Au bout de quelques mois, le dossier fut rendu: il avait paru sans intérêt.

Personne ne considérait alors de semblables travaux comme susceptibles de résultats utiles et le savant ne réussit pas à secouer l'inertie de services qui souvent écartaient systématiquement tout ce qui émanait de lui.

L'Administration accorda pourtant, en 1931, le détachement au laboratoire de REP d'un lieutenant à la section technique de l'artillerie, J.-J. BARRE, qui collaborait avec lui depuis 1927, à titre privé, et qui avait participé aux calculs lors de l'établissement du mémoire. Ce détachement cessa au bout d'une année car on n'estimait pas alors que "l'étude des fusées puisse absorber l'activité d'un officier". Malgré ce mémoire précis et prophétique, REP n'obtint donc pas les subventions nécessaires pour poursuivre de façon efficace les études qu'il suggérait.

Il n'en fut pas de même en Allemagne où des travaux similaires aboutirent aux V-2. Pourtant il faut remarquer qu'en 1931, André-Louis HIRSCH, remplaçant REP empêché, se rendit en Allemagne pour voir le premier bac d'essai de fusée à Reinkendorf près de Berlin et qu'aucun secret ne pesait sur ces expériences à l'avenir militaire desquelles l'Allemagne ne croyait sans doute pas encore.

Après l'accident du tétranitrométhane, REP revient à l'oxygène liquide et affronte la difficulté de réaliser deux débits corrects et proportionnels de l'oxygène et du combustible.

Dès 1930, REP avait étudié avec M. Pierre MONTAGNE les conditions optimales théoriques de carburation d'un moteur à

réaction et cette étude avait permis de fixer les proportions du mélange oxygène liquide-éther de pétrole donnant le meilleur rendement.

En 1932, REP s'attaque, dans son laboratoire de la rue des Abondances à Boulogne-sur-Seine, avec MM. MONTAGNE et SAVALLE, à la réalisation de ce moteur à réaction et met au point un banc d'essai à Satory, qui lui permet d'étudier, de 1934 à 1937, le rendement optimal de son moteur en faisant arriver dans la même chambre à réaction en graphite de l'oxygène liquide et de l'éther de pétrole. Devant les difficultés que lui donnait le graphite, REP utilisa, pour le col de la tuyère, une pièce en tungstène qu'il fabriqua lui-même dans un four à haute fréquence qu'il imagina spécialement dans ce but.

Pour ces travaux, REP avait obtenu un petit marché de la Direction des Etudes et Fabrications d'Armements qui avait délégué l'Ingénieur Général DESMAZIERES pour en superviser l'exécution.

En 1937, devant les personnalités venues visiter le laboratoire de REP, le moteur fonctionna sans incident pendant 60 secondes, avec une poussée de 125 kg. Le moteur était ainsi qualifié, mais la subvention devant permettre à REP de réaliser sur sa fusée le dispositif de stabilisation gyroscopique qu'il estimait nécessaire, lui fut alors refusée. REP consentit à envisager un projet de fusée empennée, sans ce guidage, mais il le baptisa "NIC", abréviation de "N'Importe Comment", et abandonna ensuite ce projet. La guerre de 1939 éclatant peu après mit un terme à l'activité astronautique de REP.

Comme on ne considérait pas que les travaux de REP étaient susceptibles de résultats utiles et que les subventions nécessaires lui étaient toujours refusées, quand la guerre vint, REP avait à peu près, selon sa propre estimation, accompli 1/100 du chemin, c'est-à-dire effectué des essais au

banc de propulseurs donnant 300 kg de poussée pendant 60 secondes: ceci correspondait à une fusée d'une masse totale de 100 kg qui aurait dû atteindre 100 km d'altitude (ce que les Américains réalisèrent après 1945).

OBERTH avait indiqué le premier qu'il était techniquement possible de réaliser des fusées expulsant leurs gaz à une vitesse supérieure à 4000 m/s (c'est ce qui lui valut d'ailleurs de se voir attribuer le prix REP-HIRSCH). Comme OBERTH avait simplement énoncé ce principe sans en donner de démonstration chiffrée, REP se consacra, de 1926 à 1930, à la solution de ce problème de physique mathématique et la publia dans son livre de 1930.⁶⁾ Il calcula également que la température dans la chambre de combustion était très inférieure à celle envisagée par OBERTH, du fait de l'augmentation des chaleurs spécifiques avec la température. D'où il conclut à la possibilité de construire les chambres et les tuyères en matières très réfractaires

Il est intéressant de noter que les calculs théoriques de REP concernant les températures eurent une confirmation éclatante lors de l'ascension stratosphérique du Professeur PICCARD. La nacelle en forme de sphère noircie d'un côté et polie de l'autre s'est trouvée pendant un certain temps avec sa face noire tournée vers le Soleil; la température monta alors à 39°C à l'intérieur de la cabine. REP, lors de ses calculs pour cette même position, avait trouvé 42°.

En 1930, REP groupe les résultats de ses travaux et publie son ouvrage capital "L'Astronautique"⁶⁾, véritable traité des véhicules spatiaux dont s'inspirèrent ensuite tous les ouvrages sur ce sujet et qui constitue une étude théorique très poussée, appuyée sur la connaissance approfondie de la mécanique céleste, de l'astrophysique, de la balistique, comme de la physico-chimie et de la physiologie. Rien de ce qui est dit là n'a ensuite été infirmé.

Ce livre a été le bréviaire de tous les astronautes et il suffit de citer les têtes de chapitres de cette publication pour voir qu'elle constitue à la fois un document scientifique et technique capital et une somme de connaissances pratiques précieuses:

- mouvement de la fusée dans le vide et dans l'air,
- densité et composition de la très haute atmosphère,
- détente des gaz de la combustion dans une tuyère,
- combustion dans une chambre,
- utilisation possible des fusées (exploration de la très haute atmosphère, envoi d'un projectile sur la Lune, transports circumterrestres à grande vitesse, traversée de l'atmosphère),
- voyages interplanétaires, avec des sections consacrées à l'examen des conditions dans lesquelles les voyages autour de la Lune s'effectuèrent, à l'étude de la gouverne d'un astronef, des appareils de navigation et de pilotage, des conditions d'habitabilité.

Pour ces dernières, REP précise qu'on pourra emplir l'appareil d'une atmosphère d'oxygène pur, ce qui permettra de réduire la pression au voisinage de 1/10e d'atmosphère, les fuites étant ainsi considérablement réduites elles-mêmes.

Dans la section "gouverne d'un astronef", on trouve déjà le principe de la stabilisation du véhicule spatial à l'aide "de trois petits moteurs électriques munis chacun d'un volant de moment d'inertie suffisant et ayant leurs axes à angle droit".

REP prévoit également, pour le retour vers la Terre, le retournement de l'astronef freiné par son propre propulseur (les rétrofusées d'aujourd'hui) et l'utilisation finale du parachute.

En mai 1934, REP apporte un complément⁷⁾ à son livre de 1930, dans lequel il traite spécialement des conditions pratiques et de l'intérêt des voyages interplanétaires. Ce document

contient: l'étude du mouvement d'une fusée (vitesses, trajectoires en fonction des régimes de combustion et des masses), une nouvelle étude des tuyères de détente des gaz de la combustion, la thermodynamique de la combustion (en faisant état des études thermochimiques de M. Pierre MONTAGNE qui valurent à celui-ci le prix REP-HIRSCH en 1931), ainsi que des vues de grand avenir sur la propulsion nucléaire, sur l'utilisation des éléments radioactifs (les neutrons et la fission venaient juste d'être découverts) et de l'hydrogène atomique (REP eut ainsi pour la première fois l'idée de se servir des radicaux libres pour assurer la propulsion dans les meilleures conditions).

Ce document comporte également une étude des routes orbitales (correspondant à nos actuelles orbites de transfert), l'application de la relativité à la radiation d'énergie (REP prévoit la propulsion photonique, qui a été assez récemment étudiée dans certains pays).

Le principe de la fusée à étages et les calculs de rapports de masse, dont REP donne alors connaissance, ont suggéré à Louis Damblanc les travaux qui le menèrent à son brevet de 1936 sur "les projectiles autopropulseurs dont la charge propulsive est répartie en plusieurs étages de combustion superposés suivant l'axe de la fusée".

REP prévoit aussi l'intérêt des fusées pour l'étude de la zone é aurores boréales, objectif d'une grande partie des expériences actuelles sur fusées-sondes.

Après la parution de ce complément à son livre, le Grand Prix annuel de la Société des Ingénieurs Civils de France est attribué à REP pour la seconde fois.

Puis, en 1937, il est élu à l'Académie des Sciences dans la section des Applications des sciences à l'industrie.

Après la guerre, REP, retiré en Suisse, inconnu et méconnu, se désintéresse des recherches spatiales: décision particulièrement regrettable et perte déplorable pour la science astronautique, d'autant plus que la presque totalité de ses travaux non publiés furent perdus. Beaucoup de documents qui se trouvaient entre les mains de certains de ses collaborateurs ont d'ailleurs dû être détruits par leur détenteur au moment de l'occupation de notre pays.

Cependant, en 1947, dans une conférence faite à l'Aéro-Club de France⁸⁾, REP reprend les résultats de ses calculs concernant les mélanges précédemment étudiés (soit poudre, soit éther de pétrole/oxygène liquide), et les complète en considérant l'ensemble hydrogène/oxygène liquides et également l'uranium 235 et le plutonium.

REP connut, en ses dernières années, des jours difficiles; lui, qui aurait pu amasser une fortune grâce à ses inventions, fut harcelé par le fisc et son mobilier fut saisi (fig. II). Et cela venait s'ajouter à l'indifférence, à l'incompréhension et aux sarcasmes dont il a souffert pendant toute sa vie.

Après avoir participé au prestigieux développement de l'aviation, REP, pionnier de l'espace, eut l'amère consolation de voir, avant de mourir le 6 décembre 1957, confirmer la justesse de ses vues à l'étranger, par le V-2 d'abord et, plus tard, par le lancement en U.R.S.S. du premier satellite terrestre, le Spoutnik I.

Le jour même de sa mort, une fusée Vanguard était lancée au Cap Canaveral, telle une salve d'honneur.

Après nous être penchés sur la vie de labeur de ce génial précurseur, nous saluons la mémoire de cet homme universel en ne sachant que louer le plus: l'imagination si riche du chercheur, la rigueur de raisonnement du théoricien, l'habileté, l'audace et l'intrépidité de l'expérimentateur, le souci de perfection de l'ingénieur.

Bibliographie

- 1) F.Ferber. L'Aviation. Ses débuts-son développement. De Crête à Crête. De Ville à Ville. De Continent à Continent , Paris-Nancy, 1909.
- 2) P.Esnault-Pelterie. Consideration sur les résultats de l'allègement indéfini des moteurs, Fontenay-aux-Roses, 1916.
- 3) A.-L.Hirsch. Robert Esnault-Pelterie, génial inventure, pionnier de l'aviation, créateur de l'astronautique (Conférence prononcée à l'automobile Club de France, le 28 mars 1961), non publiée.
- 4) R.Esnault-Pelterie. L'Exploration par fusée de la très haute atmosphère et la possibilité des voyages interplanétaires, Paris, 1928.
- 5) R.Esnault-Pelterie, Rapport à M. le Général Ferrié, Paris, 20 mai 1928.
- 6) R.Esnault-Pelterie. L'Astronautique, Paris, 1930.
- 7) R.Esnault-Pelterie. L'Astronautique-Complément, Paris, 1935.
- 8) R.Esnault-Pelterie. De la Bombe Atomique à l'Astronautique. Paris, 1947.
- 9) H.Oberth. Die Rakete zu den Planetenräumen, München, 1923.
- 10) W.Hohmann. Die Erreichbarkeit der Himmelskörper, München, 1925.
- 11) M.Valier. Der Vorstoss in den Weltraum. München und Berlin, 1925.

In 1971 it was 50 years from the day of creation of the first Soviet rocket research and development organization - the Gas Dynamics Laboratory. This laboratory abbreviately named the GDL was organized in Moscow on 1 March, 1921 for development of powder-propelled missiles after the proposal of N.I. Tikhomirov, a chemical engineer.

Tikhomirov, the founder of the GDL, began his activity in rocketry with testing of powder rocket models as long ago as 1894 (fig.1) /1/. In the description of the invention, applied to the patent which had been got by Tikhomirov in 1915, there was foreseen using not only powders but also liquid fuels in his rocket. From 1922 a part of the GDL experiments and from 1924 all the experimental studies were performed in Leningrad. By 1925 the GDL completely shifted its base to this city /3,4/.

The development of the smokeless grain powder at the GDL and the Artillery Academy Powder Department in 1922-24 was an important step in the GDL activity. Using trotyl as a non-volatile pyroxylin solvent allowed to obtain stable nonlaminating grains of large length and diameter, measured in scores and hundreds of millimetres /5/. Some grains had channels and some had not; they were armoured and not armoured and were notable for combustion stability. Detailed research work on the combustion laws investigation of the developed powders allowed to solve the problem of internal ballistics. This pyroxylin-trotyl powder possessed essentially higher energetics than smoke powder compounds, which were used in rockets in that time, did.

In 1928-1933 rocket missiles of 82, 132, 245 and 400 mm calibres as well as auxiliary rockets of smaller calibres were developed on the base of this splendid smokeless powder at the GDL. From 1928 shots were made from ground and airplanes /7/.



Fig.1 N.I.Tikhomirov

By the end of 1933 at the GDL rocket missiles of nine types were developed and adopted. This fact was mentioned in a report of the Red Army Department of Military Inventions (to which the GDL was subordinated) to M.N.Tukhachevsky, the Red Army Chief of Armaments /8/.

After some modifications the GDL missiles were used in the battles with Japanese troops near the Khalkhin Gol River in 1939 and they were widely used in aircraft and ground mobile facilities from the first to the last days of the Great Patriotic War.

The GDL leading workers - B.S.Petropavlovsky, G.E.Langemak and V.A.Artemyev were the main authors of these developments, begun earlier by N.I.Tikhomirov. None of them has lived till our days. Their contribution to the Soviet rocketry formation and development is great. Their names went down in the rocketry history of the USSR for ever and were assigned to the craters on the back side of the Moon.

Great progress in the development of airplane take-offs using smokeless grain powder rocket engines was also achieved at the GDL. The GDL began this work on models in 1927; in 1931 this work was performed using a training plane U-1. In 1933 state tests of the TB-1 heavy bomber equipped with take-off rockets were completed /9/. Due to application of take-off rockets the TB-1 heavy bomber take-off run was shortened 77 per cent. In the same year rocket-assisted take-offs of a heavier TB-3 bomber were perfected.^{x)}

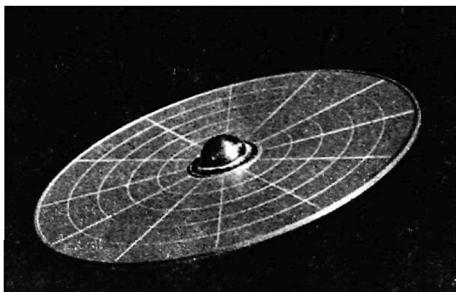
Besides the divisions engaged in the creation and use of smokeless grain powder rockets there was a department on electrical and liquid-propellant rocket engines development at the GDL which worked under my guidance from 15 May, 1929.

The problem of energy sources and methods of their use in rocket engines was and will always be of the greatest interest as it defines rocket capabilities. Energetic resources of chemical propellants are limited. The mass unit of each chemical propellant contains a fixed quantity of energy. It was logical to find methods of separate control of the available energy supplied from an external source and of the propellant receiving this energy. While imparting the same quantity of energy to a different mass of medium it is possible to obtain various exhaust velocities in engines. At a ratio of the energy quantity to the mass of medium higher than for chemical propellants it is possible to obtain higher exhaust velocities. This was the way to achieve specific impulse values essentially higher than it was possible using the most effective chemical energy sources.

x)

The GDL activity in the field of rockets application as boosters is presented in detail in V.I. Dudakov's report given in this issue (p.p. 40-42)

Fig.2 Helioraketoplan



The practical decision of this problem was stimulated by the reported in the USA in 1922 and 1926 experiments on the electrical exploding of metal wires to study high temperature spectra performed by Andersen, an astrophysicist.

In 1928-1929 I developed a project of a spaceship named "Helioraketoplan" looking like a hollow sphere with electrical rocket engines mounted circumferentially which had to be fed with electrical energy supplied from a flat round thermoelement battery surrounding the spaceship and exposed to the Sun (fig.2) /11,12/.

Solid or liquid conductors electrically exploded with a predicted frequency in a nozzled chamber were foreseen as a medium of electrical rocket engines. As conductors there were used either metal wires continuously supplied to the chamber or liquid jets.

Firstly in 1929-1930 single electrical explosions of various metal and non-metal solid wires were performed in open space; later there were conducted durable explosions with a frequency to some scores in a second using a continuous mechanical supply system for solid conductors and a pneumatic system for liquid ones. At last in 1933 electrical explosions were performed in a nozzled chamber installed on a ballistic pendulum. The pulse electrical installation used in these experiments consisted of

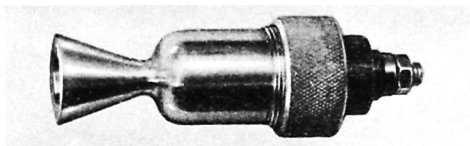


Fig.3 Electrical rocket engine (ERD)

a 100 kv and 10 kva transformer with 4 kenotrons and of a 4 μ f oily condensers battery charged up to 40 kv. There was developed a nozzled chamber of an electrical rocket engine (ERD) (fig.3). Metal wires or a conductive liquid were continuously fed through the injector orifice that was coaxial with the chamber. The injector isolated from the case and the case itself were powered by a pulse electrical installation.

Thus in 1929-1933 the first laboratory electrothermal rocket engine was developed /13/.

The electrothermal rocket engines could be practically used only after emerging into the space and achieving a flight velocity not less than the first cosmic velocity. That's why already in 1929 we began the development of measuring devices to perform an experimental work on liquid-propellant rocket engines and from 1930 studies of liquid-propellant rocket engines became the main aspect of the GDL activity.

In 1930 there were firstly proposed and later investigated as oxidants for liquid-propellant engines nitric acid, its solutions with nitrogen tetroxyde, hydrogen peroxyde, perchloric acid, tetranitromethane as well as their mutual solutions and as fuels - beryllium dispersed in powders or liquid fuels and beryllium in combination with hydrogen and oxygen /14/.

In 1930 exponential nozzles of minimal in comparison with conical ones surface, length and weight as well as zirconium

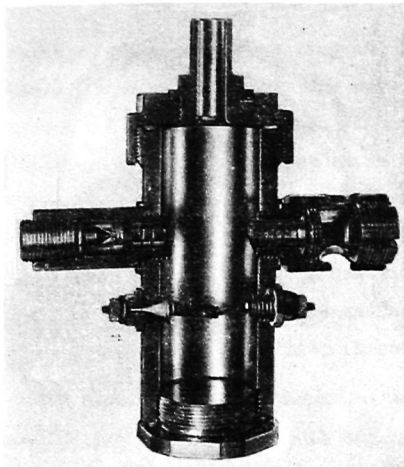


Fig. 4 Experimental rocket motor (ORM)

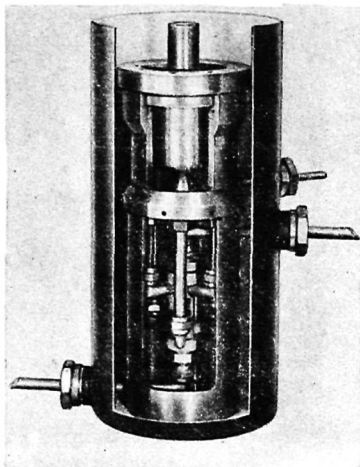


Fig. 5 ORM-1

dioxide heat-insulating coatings were developed for liquid propellant engines and tested on engines using smokeless slowly burning powder /15/.

In 1930-1931 there were designed and fabricated the first in the USSR liquid-propellant engines: the ORM (the experimental rocket motor)(fig.4) with a thrust up to 6 kg which was tested using a liquid mixture of nitrogen tetroxide and benzene or toluene prepared beforehand as well as the ORM-1 (fig.5) with a thrust up to 20 kg with a separate feed of the same propellants. In 1931 about 50 bench tests of these engines were performed /16,17/. In the same year a hypergolic propellant and chemical ignition as well as gimbal mounting of a pump fed engine were firstly proposed. In 1931-32 there were created and tested piston-type propellant pumps driven by gas from the combustion chamber /18/. In 1932 a series of experimental motors (from the ORM-4 to the ORM-22) were developed and tested using various

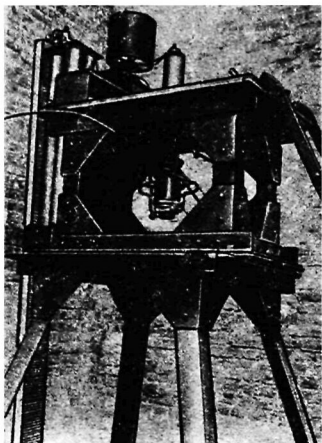


Fig.6 ORM-50 in test stand

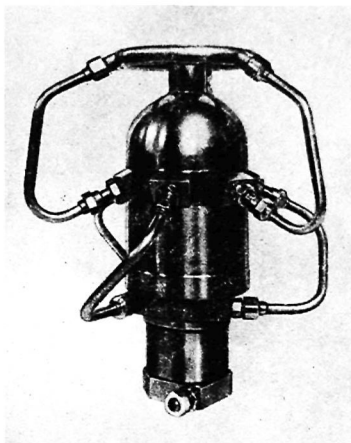


Fig.7 ORM-52

propellants to determine the most effective type of ignition, starting methods and mixing systems. In bench tests of these engines there were used liquid oxygen, nitrogen tetroxide, nitric acid, solutions of nitrogen tetroxide in nitric acid as oxidants and gasoline, benzol, toluene, kerosene as fuels.

In 1933 another series of experimental rocket motors (from the ORM-23 to the ORM-52) were built and bench-tested. They had pyrotechnic and hypergolic ignition systems and used nitric acid and kerosene as propellant components. Being notable for their reliability the experimental motors ORM-50 with a thrust of 150 kg (fig.6) and ORM-52 with a thrust of 300 kg (fig.7) and a specific impulse up to 210 sec were capable of multiple starts. In 1933 both these motors designed for rockets and other applications passed official bench tests /19/.

In 1933 there was designed a turbopump assembly with centrifugal pumps to feed propellant components to the ORM-52 to be also used as a booster on aircraft /20/.

At the same time methods of raising the efficiency of propellants for liquid-propellant rocket engines by increasing their density through deep cooling and introducing a heavy inert additive were proposed and there were also suggested fluorine solutions in oxygen as oxidants, fluorine - hydrogen propellant, kerosene solutions in pentaborane as fuels, etc. /21/.

Perspectiveness of rocketry development and necessity of broadening and ensuring works conducted in this direction made the GDL leaders raise a question about reorganization of the GDL to a research institute as far back as 1931. The Moscow Group for Studying Jet Propulsion (Moscow's GIRD) headed by S.P.Korolev also applied for the Institute organization. As a result by the so applied for the institute organization from 1932. As a result by the end of 1933 the Research Institute of Jet Propulsion (RNII) was organized in Moscow on the base of the GDL and Moscow's GIRD /22/.

During its thirteen-year activity (1921-1933) the soviet rocket design organization (GDL) made a basic contribution to the native rocketry development.

The division on liquid-propellant rocket engines which worked at the GDL in 1929-1933 continued the development of a series of experimental rocket motors at the RNII in 1934-1938. In 1939 it separated from the RNII to a special group which became an experimental design bureau (OKB) from 1941.

The creative way of this organization (from the GDL to the OKB) named the GDL-OKB was commented in press in 1969 on the occasion of its 40-th anniversary.

The foundations of the native rocket motor engineering were laid at the GDL. At the GDL there were trained the main specialists who brought up the creative body of the twice decorated with orders experimental design bureau - the GDL - OKB which created powerful liquid-propellant rocket engines for all the Soviet launch-vehicles which have been launched to space up to date.

References

1. Краткая пояснительная записка к смете на разработку самодвижущихся мин реактивного действия изобретателя Н.И.Тихомирова. Архив ГДЛ-ОКБ, д. 0131, т. 11, л. 18.
2. Охранительное свидетельство № 309 к прошению Н.И.Тихомирова о выдаче привилегий на новый тип самодвижущихся мин для воды и воздуха. Архив ГДЛ-ОКБ, д. 0131, т. 1, л. 5; д. 0131, т. 11, л. 69.
3. Краткая пояснительная записка к смете на разработку самодвижущихся мин реактивного действия изобретателя Н.И.Тихомирова. Архив ГДЛ-ОКБ, д. 0131, т. 11, л. 21. Журнал Арткома от 21 августа 1930 г., Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 2, стр. 79. В.А.Артемьев. Создание первых ракет на бездымном порохе и краткая история деятельности ГДЛ с 1928 по 1933 гг., Архив АН СССР, разр. 4, оп. 14, д. 148, л.л. 6,7.
4. Архивная справка № 1937 Государственного архива Октябрьской революции и социалистич. строительства Ленинградской области. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 5, ед. хр. 22, л. 1.
5. В.А.Артемьев. Создание первых ракет на бездымном порохе и краткая история деятельности ГДЛ с 1928 по 1933 гг. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 6, л. 6. Заключение от 2 авг. 1926 г. по ознакомлению с работами инж. Н.И.Тихомирова и инж. С.А.Брунса по разработке реактивных снарядов. Архив ГДЛ-ОКБ, дело № 9651, стр. 74. Краткое описание работ по прессованию пироксилиновой массы по опытному заказу инж. Серикова и Тихомирова, 3 апр. 1928 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 2, стр. 23-25. Объяснительная записка от 2 окт. 1931 г. к плану работ ГДЛ на 1932 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 4, стр. 103-109. План работ авиационного сектора ГДЛ ТШ НВ РККА на 1932 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 4, стр. 91, 92.
6. Доклад в РВС "О состоянии военного изобретательства", 11 декабря 1931 г. Архив ГДЛ-ОКБ, д. 8903, л. 4. Итоги первой пятилетки (1928-1932) по реализации системы артиллерийского вооружения РККА. Архив ГДЛ-ОКБ, д. 8903, л. 94. Отчет I Сектора ГДЛ. Архив ГДЛ-ОКБ, ф. 1, оп. 1, ед. хр. 1610, стр. 102. Объяснительная записка от 2 окт. 1931 г. к плану работ ГДЛ Техштаба НВ РККА на 1932 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 4, стр. 103-109. Доклад Н-ка НТУ ГАУ РККА Заместителю Наркома по военным и морским делам и председателя РВС СССР тов. Тухачевскому о ходе работ в НТУ ГАУ за 1932 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 4, стр. 128, 134, 139. Переписка по плану работ, смете и НИР. Архив ГДЛ-ОКБ, ф. 1, оп. 1, ед. хр. 1388, стр. 67,79,80.
7. Артемьев. Создание первых ракет на бездымном порохе и краткая история деятельности ГДЛ с 1928 по 1933 гг. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 6, л. 10. Доклад об итогах военного изобретательства за 1-е полугодие 1932 г. Архив ГДЛ-ОКБ, д. 8903, л. 14.
8. Доклад врид. начальника УВИ НВ РККА т. Кононенко Зам. председателя РВС СССР т. Тухачевскому от 5 ноября 1933 г. Архив ГДЛ-ОКБ, д. 139, т. II, л. 10.
9. Доклад в РВС "О состоянии военного изобретательства" 11 декабря 1931 г. Архив ГДЛ-ОКБ, д. 8903, л. 5. Письмо Начальника ВВС

т. Алксниса Председателю РВС от 19 марта 1934г. "О стартовых ракетах к самолету ТБ-1". Архив ГДЛ-ОКБ, д. 8903, л. 100.

10. Anderson. The spectrum of electrically exploded wires. — "Astrophysical Journal", 1920, Nr. 51, pp. 37-48, 1926, Nr. 64, p. 295.

11. Краткое описание и эскиз гелиоракетоплана конструкции В.П.Глушко (1928-1929). Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 98.

12. В.П.Глушко. Металл, как взрывчатое вещество. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 3, стр. 20.

13. В.П.Глушко. Жидкостной карбюратор. 10 ноября 1929 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 5, лл. 1-6. В.П.Глушко. Опыты по электро-взрыву жидкостей 15 января 1930 г. Расчет лабораторного типа универсального жидкостного карбюратора. 23 марта 1930 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 6, лл. 1-4, 9. В.П.Глушко. Проволочный карбюратор. 20 января 1930 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 7, лл. 1-5. В.П.Глушко. Ртутный карбюратор. 20 января 1930 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1 ед. хр. 8, лл. 1-4. В.П.Глушко. Отчет по теоретической и лабораторной проработке вопросов электровзрывания. 20 марта 1930 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 9, лл. 1-5. Заявки, описания, авторские свидетельства, патенты и переписка по изобретениям В.П.Глушко, 1930-1933 гг. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 11, лл. 24-26, 47.

14. В.П.Глушко. Горючее для реактивного двигателя (Способ повышения теплотворной способности жидкого или коллоидного твердого топлива). Заявочное свидетельство № 76950/5177, 2 окт. 1930 г.; патент № 968, кл. 23-B-4. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 11, лл. 1-5, 95. План работ ГДЛ на 1930/31 гг. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 4, стр. 51. Отчет о работах ГДЛ в 4-м квартале 1930 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 4, стр. 58-59.

15. В.П.Глушко. Термоизоляция для камер сгорания реактивных двигателей. Заявочное свидетельство № 82830/5652, 3 февраля 1931 г., патент № 1024, кл. 62-B-37. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1 ед. хр. 11, лл. 12-14, 19, 36. В.П.Глушко. Теплоизоляция для камер сгорания реактивных двигателей. 19 декабря 1930 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 14, лл. 1-7. В.П.Глушко. О наиболее выгоднейшей форме сопла. Отчет 1931 г.; опубли. "Ракетная техника", сборник РНИИ, 1937, № 2. В.П.Глушко. Исследование влияния относительных размеров сопла на величину реактивной силы, отчет 1930 г., опубли. "Ракетная техника", сборник РНИИ, 1937, № 2.

16. Отчет о работах ГДЛ в 4-м квартале 1930 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 4, ед. хр. 4, стр. 58, 59. ОРМ-1, чертеж № 261. 1930 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 2, ед. хр. 1, л. 1. В.П.Глушко. Управление ОРМ-1 и опыты с ним. 9 апреля 1931 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 17, лл. 1-4.

17. В.П.Глушко. О горении готовых топливных смесей в полужамкнутом объеме. Отчет 1931 г., опубли. "Ракетная техника", сборник НИИ-3, 1937, № 6.

18. В.П.Глушко. Подача топлива в камеру сгорания. 1930-1931 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 12, лл. 1-16.

19. ОРМ-50, чертеж, 1933 г.; ОРМ-52, чертеж, 1933 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 2, ед. хр. 40, 42. Акт приемки двигателя комиссией от 24 де-

кабря 1933 г. по результатам стендового испытания. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 28, л. 2. В.П.Глушко. Расчет реактивной установки и мотора для торпеды-глиссера, 17 декабря 1933 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 27, лл. 1-14.

20. Отчет о работе II отдела ГДЛ за октябрь 1932 г. "Проектирование газовой турбины к реактивному мотору". Архив ГДЛ-ОКБ, д. 9651, стр. 37-38. Технические требования к опытному газтурбонасосу. 10 июля 1933 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 26. Тех. условия на оборудование самолета И-4 реактивным двигателем (приложение к письму ГДЛ от 4.1.1933 г. за № 05). Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, д. 24, лл. 28-30.

21. В.П.Глушко. Способ работы реактивного двигателя. Заявочное свидетельство № 138242/10846, 2 декабря 1933 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 11, л. 217. В.П.Глушко. Способ повышения эффективности реактивного двигателя. Заявочное свидетельство № 138414/10858, 2 декабря 1933 г. Архив ГДЛ-ОКБ, оп. 1, ед. хр. 11, л. 216. В.П.Глушко. Жидкое топливо для реактивных двигателей, ч. 1, изд. ВВА, М., 1936 г.

22. Приказ РВС СССР № 0113 от 21.9.1933 г. о формировании в Москве Реактивного научно-исследовательского института. Архив ГДЛ-ОКБ, д. 138, ч. II, л. 19. Постановление № 104 Совета Труда и Оборона от 31.10.1933 г. об организации Реактивного института. Архив ГДЛ-ОКБ, д. 138, т. II, л. 31.

В.И.Дудаков (СССР)

НЕКОТОРЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА ПРИМЕНЕНИЯ В АВИАЦИИ СТАРТОВЫХ РАКЕТНЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ

Рассматриваемый этап начался, с нашей точки зрения, в 1928 г., когда автору настоящей статьи и В.А.Константинову был выдан патент № 439с на изобретение под названием: "Устройство с ракетным двигателем для облегчения взлета самолетов" [1].

В то время для полета самолета необходимо было тяговое усилие, равное $1/10-1/12$ веса самолета (в расчете на силу тяги воздушного винта), а для взлета требовалась тяга величиной $1/4-1/5$ веса самолета. При размокшем аэродроме взлет с такой тягой был невозможен, а бетонные взлетно-посадочные полосы тогда не строились. Наличие дополнительного стартового двигателя позволяло выполнить взлет самолета в любых условиях и с увеличенным весом.

НТК УВВС поддержал предложение В.И.Дудакова и В.А.Константинова. В 1930 г. автор этой статьи был направлен в ГДЛ (Газодинамическая лаборатория) в Ленинград для опытной проработки стартового ускорителя. По указанию командующего Ленинградским военным округом М.Н.Тухачевского в ГДЛ был передан учебный самолет У-1 и прикомандированы к ГДЛ летчик-инструктор С.И.Мухин и авиатехник А.А.Грицкевич.

Самолет У-1 - биплан, деревянный, с полотняной обшивкой крыльев и фюзеляжа. Возникла проблема - какой РД поставить в качестве ус-

корителя взлета? Применение ЖРД исключалось, так как в 1930 г. не было надежно действующих ЖРД. Кроме того, оборудование ЖРД очень сложно и трудно в эксплуатации. Поэтому в качестве ускорителя был принят РД на твердом топливе. Применение пороха на твердом растворителе, предложенного Н.И.Тихомировым, позволило получить надежно действовавший РД, обладавший высокими показателями в работе. Конструкция РД была разработана Е.С.Петровым под руководством Б.С.Петраповского.

Поставить РД в хвост фюзеляжа на самолете У-1 было нельзя, так как фюзеляж этого самолета не был рассчитан на большую осевую силу. Поэтому была принята установка РД на крыле самолета. Анализ процесса взлета показал, что реактивная сила РД должна проходить ниже центра тяжести (ЦТ) самолета, в противном случае было возможно капотирование при разбеге. Была принята установка двух РД на нижнем крыле самолета. Действующая сила была значительной – до 1,5 веса самолета. Пришлось подкрепить крыло на действие горизонтальной силы.

Итак, мы имели два РД на нижнем крыле, по бокам фюзеляжа. Теперь необходимо было обеспечить одновременное воспламенение зарядов РД и синхронное действие обоих РД. Это было достигнуто с помощью системы огневой связи камер РД (1931 г.), которая отлично выполнила свою задачу: оба РД начинали действовать одновременно и развивали одинаковую реактивную силу. Как показали эксперименты с запуском РД при горизонтальном полете самолета, прохождение суммарной реакции обоих РД ниже ЦТ самолета не вызвало осложнений.

Во всех случаях самолет пилотировал летчик С.И.Мухин, на втором сиденье находился В.И.Дудаков. На самолете У-1 было сделано около 100 взлетов с реактивными ускорителями. Полеты проводились под руководством В.И.Дудакова. Испытания проходили в Ленинграде в 1931 г. Положительные результаты применения ускорителей взлета на самолете У-1 позволили перейти к экспериментам на тяжелом самолете. Для этой цели командованием ЛВО был выделен тяжелый бомбардировщик ТБ-1 весом 7 т.

Анализ взлета этого самолета показал, что применение ускорителей при весе самолета 7 т уменьшало длину разбега с 330 м до 80 м, а при весе самолета 8 т – с 480 до 110 м. Взлетный вес самолета 8 т – это перегрузка полетного веса на 1 т, что позволяло значительно увеличить полезную нагрузку самолета.

Теоретический анализ процесса взлета и летные эксперименты показали, что включение ускорителей взлета выгодно не при трогании самолета с места, а после небольшого пробега, проходящего только на тяге винтов.

Установка РД на самолете ТБ-1 выполнялась по тому же принципу, что и на самолете У-1, а именно с расчетом прохождения суммарной тяги РД ниже ЦТ самолета. Экспериментальные взлеты самолета ТБ-1 показали правильность такой установки РД. Разбег самолета проходил безукоризненно, заряды РД догорали в воздухе, после отделения самолета от земли, что ничуть не портило процесс подъема.

На самолете ТБ-1 было установлено 6 РД: четыре РД под крылом и два РД на верхней поверхности крыла, симметрично относительно фюзеляжа. Все РД были связаны между собой системой огневой связи, которая заставляла все РД работать одинаково.

В наших экспериментах со взлетом самолетов У-1 и ТБ-1 не было ни одного случая поломки самолета или несчастья с людьми, что следует отнести за счет хорошей установки РД и правильного пилотирования самолета. Эксперименты проходили под руководством В.И.Дудакова, который участвовал во всех полетах самолета ТБ-1.

По мнению автора, рассмотренные работы были одними из первых в авиации. Заграничные работы по применению ускорителей взлета были выполнены позднее: эксперименты инженера Вернера фон Брауна (в Германии) в 1937 г. [2] и проф. Р.Годдарда (в США) в 1942 г. [3], хотя имеются сведения [4] о попытке проведения таких работ в 1929 г. фирмой Юнкерс в Германии.

Литература и источники

1. Патент № 439с, заявлен 8 октября 1928 г., класс 62с, 18/02 МПК В 64а.
2. M. Lehman. This High Man, N.Y., 1963, p. 334.
3. W.v. Braun, F. Ordway. History of Rocketry and Space Travel, N.Y., 1966, 73.
4. Макс Валье. Полет в мировое пространство как техническая возможность. М.-Л., 1936, стр. 258-259. См. об этом также настоящий том, стр. 242-249.

E. M. Emme (USA)

THE HISTORIOGRAPHY OF ROCKET TECHNOLOGY
AND SPACE EXPLORATION

Of renewed intellectual interest for historians of science and technology today is the classic thesis of the late William Fielding Ogburn on the "cultural lag" in human affairs.¹ Traditionally, mankind as a whole has reluctantly understood dynamic changes in scientific knowledge about nature as well as the full import of technological means available to exploit it. This "cultural lag" has been rather well documented for the sailing vessel, the telescope, the steam engine, the airplane, and nuclear fission. Ogburn's thesis might well be revisited now, when the pace and the breadth of scientific advances and technological innovations have presented a wholesale challenge to earthbound society in these final decades of the twentieth century.

Until the appearance of the balloon in the late 19th century and the airplane in the early 20th century which opened up the air space medium, man's physical mobility was only two dimensional on the surface of the earth. Techniques of war and peace as well as scientific inquiry and intellectual

* Historian of the National Aeronautics & Space Administration (Washington, D.C.), Dr. Emme is editor of the Impact of Air Power: National Security and World Politics (Princeton, 1959), author of Aeronautics & Astronautics: An American Chronology of Science & Technology in the Exploration of Space, 1915-1960 (Washington, D.C., 1961), and A History of Space Flight (New York, 1965).

** This paper is largely drawn from and upgrades the editor's Introduction in The History of Rocket Technology: Essays on Research, Development and Utility (Detroit: 1964), pp.4-10. It was read in Moscow by L.S. Swenson, Jr.

perspectives were, to differing degrees, thereby constrained as they had been throughout the ages. Technologically-improved aviation was increasing to exercise a three-dimensional influence upon the pursuits of earth-bound mankind, first in warfare, and then air travel which became truly worldwide with the large jet transport in the late 1950's. Intercontinental military air power as well as global-legged statesmen, businessmen, politicians, artists, scholars, and tourists quickly made their mobility felt in human affairs. Men grappled with a shrunken and bipolarized air-age world, this with an aeronautical technology exploiting a usable atmospheric medium only twice the height of his tallest mountains.

Pace and Dimensions

In the mid-twentieth century, unprecedented innovations were to be brought sharply into human comprehension and utility by the release of nuclear energy and the advent of astronautics. Space exploration was considered an unacceptable field of inquiry at the end of World War II except for a handful of physicists interested in the ionosphere, for a few missilemen and their engineering compatriots, for aeromedical men projecting the human pilot to supersonic and high-altitude flight, and, of course, for the cosmologists, and small bands of rocket societies and a few publicists.² The appearance of practical liquid-chemical-fuel rocketry by the V-2 in the Second World War led to the development of nuclear tipped missiles and space flight possibilities exerting a revolutionary impact upon scientific potentials and technological competence within a decade later. At the same moment, the modern rocket first wedded to thermo-nuclear technology perhaps appeared without a corresponding comprehension of their full potential for nonmilitary uses. Significance of

the application of rocket technology beyond military utility to space flight -- the first breaching of the last barrier to man's mobility into the universe itself -- was less understood in the Sputnik birth of the so-called "space age" in 1957 than was highest policy co-mingled concerns on the "missile gap", the "space race", and "national prestige".

In July 1969, twelve years after Sputnik and eight years after Yuri Gagarin first circled around the earth in space, N.A.Armstrong first stepped upon the surface of the Moon. Less than 14 years after the first Sputnik eight men have already walked on the moon, 23 men have orbited the moon, and one man (J.Lovell) has made two voyages to the moon as well as two other earth orbital flights. Hundreds of scientific and application satellites, and numerous interplanetary probes have served to piece together part of the cosmic jigsaw puzzle involving the solar environment of the earth. The swift pace and complexities characterizing rocket technology and its application to space exploration and exploitation erect the most important tasks of present-day historians.

Despite an existing technology in the ancient black fire-works of Asia and Europe, and the gunpowder rockets popularized by early rocket enthusiasts, modern rocketry was to emerge virtually new-born as a major new technology.³ Space exploration was made possible by liquid-fueled chemical rocketry, an evolution from the first demonstration by the American, R.H.Goddard, in 1926, and first developed to operational status in the German V-2 in World War II. The large liquid-fueled rocket as a technological innovation was only temporarily overshadowed by the impact of nuclear fission in 1945, whose destructive fusion potential first was harnessed to rocketry for intercontinental systems a decade later. Confusing to many laymen and historians alike is the fact that the "missile age" and the "space age" began at about the same

historical moment, although their subsequent history has had divergent paths. The history of modern rocketry cannot be concerned merely with the evolution of missile systems in the late 1940's and the 1950's. Launching of rockets for vertical soundings of the upper atmosphere, including use of the V-2, gave direct impetus after 1945 to the creation of the International Geophysical Year by 1954.⁴ It was also no historical accident that the first Earth satellites launched by the USSR and the United States in 1957 and 1958, were launched in the name of international science for the IGY, which was to establish space science traditions carried on thereafter by the participating nations.⁵ This dramatic innovation in mankind's capability, in turn, sparked space endeavors including manned flight of dimensions and accomplishment largely unforeseen as to scope and the rapidity of their happening. "Why" and "how" this transpired also dictates central concerns for the professional historian in determining "what" and "who" were involved in the history of space affairs. The scope of inquiry includes the entire historical spectrum involving space science and technology -- political, economic, and social aspects -- and the international agreements to maintain the space environment as peaceful and dedicated to the pursuit of benefits for all of mankind.⁶

With regard to rocket technology itself, the primitive scientific experiments flown on missiles evolved swiftly into new and complicated test and operational space systems. Engines, pumps, turbines, valves, tubing, tanks, gyroscopes, accelerometers, guidance, control devices, and computers adapted to space needs were improved and manufactured in large quantity in recent years. An urgent need also developed for mechanical and electronic instruments, pressure and strain gauges, transducers, beacons, and recorders. New material processes and tools were modified or created -- explosive form-

ing, chemical millions, electron-beam welding, and so forth. New combinations of mechanical stress, thermal extremes, and vibration harmonics demanded new alloys and new structures of steel and aluminum as well as greater use of other metals -- tungsten, molybdenum, beryllium, titanium-- better insulators of resins, glass, graphite, and rubber. Specialized ground servicing and launch-associated equipment were designed and produced, often with unique mobility and dimensions. Rocket propulsion fuels, solid and liquid, have been produced and employed in great tonnages: composite double-base solid fuels; liquid oxygen, kerosene, nitric acid, hydrazine, fluorine, and most recently successfully in Apollo, liquid hydrogen. Also, nuclear and electric propulsion were developed and now offer promising results for future space applications.⁷

Virtually a new industry -- indeed, several new industries -- coalesced rapidly. Technical personnel in missile and space programs expanded from a few hundred persons in the late 1930's to hundreds of thousands in the late 1960's. The art of managing large organizations as well as the stimulus to the life sciences for manned operations were challenges involving unique space-related problems.⁸ The broad front of advances in space technology was based upon constant refinements of manifold systems and subsystems, including innumerable tests and repeated modifications, all aimed at the improvement of performance and reliability of operations. Advances often led to new techniques of application to earth-bound uses. And, intrinsic to the complete history of space machines, techniques, and supporting equipments, was the role of individual men and organizations of men of various talents who made it all possible.

Historians of science and technology should not miss the central theme and opportunity submitted here for aero-

space scholarship: the vast host of important and new historical problems awaiting detailed research and sound scholarship, perhaps new techniques for valid documentation and reliable analysis, not to ignore less laggard initiation to capture the detail and spirit of great story in the history of mankind. By definition, historians always come after the event. Clearly, the history of rocket technology and space exploration now must pass into the domain of non-participant historians.

Some Thoughts on Methodology

The swift arrival of practical space technology during the past two decades intimately involves the art and science of contemporary history with all of its hazards and benefits. Aerospace historians are placed into a close relationship with the yet-living history-makers themselves. As a group, major participants appear to have been much too busy to have yet had time and occasion to write their memoirs, and a precious few have already passed away. Participants in this great space story seem generally concerned about their experience as it may relate to history. Their high interest and help provides added impetus for the fullest treatment of events possible by historians. A most useful exercise has been the giving of memoir papers at historical and professional conferences by history-makers.⁹ On the whole, most participants seem generally willing to be interviewed in-depth by serious-minded historians. A few may claim that their memoirs are histories. Some participants have been enthusiastic about the significance of their work which perhaps evoked Lewis Mumford to state: "Contemporary 'space age' prophets, who proclaim space exploration as the endless frontier and astronauts as

the coming pioneers, throw a unrealistic glamour over the past, and even more, the future of such efforts."¹⁰

In the author's experience working in contemporary history, inviting comments of participants on draft histories generally serves well as a part of the continuing research process. Ultimate discretion still resides with the individual historian. Oral history interviews and comments from participants is not a process without hazard should a historian not become well-informed about his subject so that inaccurate memories or singular viewpoints do not warp one's research.¹¹ Having one's scholarship reviewed by living participants clearly sets contemporary historians apart from their more traditional colleagues attempting to recreate a time and circumstance involving people long dead and buried. This author submits that the advantages of contemporary history far outweigh its hazards for bias and short perspectives if scholarly purposes of accurately re-creating the past, however recent, are maintained uppermost. While research in-depth and subsequent analysis may be initiated when the basic documentation is in hand, publication of full histories involving the inevitable controversies and problems of all human institutions seems to recommend a reasonable perspective of ten-years. The History Symposia of the International Academy of Astronautics invites memoir papers as well as historical monographs covering subjects more than twenty-years past from prominent historians and history-makers.¹² Contemporary history by definition cannot be successful without the assistance of or judgement by participants.

A second characteristic of contemporary historiography is that the bulk of relevant primary documents is likely to be extant, and, further, often proliferated by manifold reproductive devices such as xerox. Problems of selection and value are erected by the sheer mountains of available documenta-

tion. Historians have a particularly timely role in helping ascertain that key papers and files, data banks, film depositories, and the like may be retained and preserved for the future. Additionally, the massive bulk of current publications -- official, technical, professional papers, journals, and the news media -- are also available to the contemporary historian. Rare is the important recent event that is not well documented also by technical and production motion pictures and television tapes. The live transmissions of Appolo TV cameras from the surface of the moon to hundreds of millions of persons on earth prompted one spokesman for journalism to challenge historians by saying: "Once again (in 1970) the Appolo flights demonstrated that television is the foremost chronicler of the rituals and actions of our time. No future historian is likely to improve upon those images which on certain great occasions, it brings into the world's living rooms." What historians would maintain, of course, is that more than "certain great occasions" in the course of history must be told and documented. Certain less well-known occasions, ideas, and persons take on greater significance as the full history becomes better known.

Various kinds of historical works help systematize the labors of contemporary historians of rocket technology and space exploration. The following checklist is merely offered to stimulate discussion and comment:

Bibliographies: massive computer-gearred technical bibliographies arranged by crude classifications are helpful but encompass only a fraction of any subject to be covered by the contemporary historian. Only a few helpful critical bibliographies exist for the published literature on aerospace history.¹⁴

Chronologies: organize known data arbitrarily according to time, and if documented provide a useful beginning reference to initiate serious historical scholarship. Chronologies are not histories, and are only as useful as the quality of their sources.¹⁵ They have the virtue of ordering data of broad scope into a time frame, and when well indexed provide retrieval, as compared to theorists who collect data in accordance with a predetermined model; chronologies better serve all possible specialized scholars.

Memoirs: by key participants on recent history are rarely available,¹⁶ with the exception of some reflective speeches as well as invited papers at historical and engineering conferences. The lack of memoirs must be overcome by recorded oral history interviews, research in-depth, and by programs to encourage history-makers to reflect upon their activity. Most historians are aware that memoirs written after the passage of time sometimes are distorted by intervening experiences and self-justifications, which is another benefit for the contemporary historian working closer to the actual events.

Collected papers: of leading participants are valuable indeed. Publication of the papers of K.E.Tsiolkovsky and, more recently, R.H.Goddard, for example, insure that primary sources not biographies are more widely available. While the collected papers of institutions and individuals are rarely published because of their sheer mass, effective archiving is indispensable to the work of future historians which cannot be treated adequately here.¹⁷

History of leading institutions: professional societies, academies, governmental agencies, laboratories, industries -- these are difficult but indispensable for documenting the evolution of space activities from individuals in small groups to large programs.¹⁸ Anniversaries are helpful in get-

ting such histories initiated, but most helpful are those professional, national, and international institutions which support a professional historical activity.

Histories of programs: rocket and space programs have the advantage of a beginning and an end, an integrated organization directed toward a specific goal, and can often be initiated as soon as a program ends.¹⁹ The history of the US Apollo program, for example, has already been initiated although it will be some years until it may appear in print.

Histories of disciplines and subdisciplines of science, engineering, and management: these cannot be neglected. Perforce, a scientific discipline generally has a long evolutionary development, one compounded by space experimentation of novel and massive data, and is difficult to treat without the passage of time. The significance of the discovery of lunar-like land forms on the surface of Mars, by Mariner IV in 1965, will concern scientists for many years. Each new discovery answering some questions erects many more answers. The engineering disciplines are likewise impacted by the rapidity of innovations and their unpredictable application in many areas of human activity.

Histories of national space programs: these ultimately must be undertaken and will necessarily involve the full integration of the work of many historians. National space efforts are likewise enmeshed in the international environments of science, technology, and policy.

Assessing, as we have briefly here, the overall spectrum of the full history of rocket technology and space exploration seems valid in a process of defining worthy parts of this massive history for precise scholarship. Obviously an attempt was made here only to be suggestive since the historiography of rocket technology and space exploration is in a primitive gestation period.

Can we all aspire to become objective scholars as the Greek historian Thucydides, despite our living in the dynamic environment in which space history has been made? If so, the degree to which we obtain this goal, our methodology and our skills, will be evaluated by judgments to come in the future. Contemporary historians are, therefore, serving future historians beyond the immediate reception given our literary contributions. Accuracy of fact and validity of interpretation, as well as impeccable chronology, documentation, explanation and generalization -- these seem the classic hallmarks of historical scholarship whatever the subject and time-period involved. So-called "histories" that are purely commercial, self-seeking, the art of politics by other means, or the perpetuation of pre-space era concepts of the solar system and man's place in it -- surely these will not stand the test of time. Space exploration has already stimulated a flood of popular as well as serious publications around the world. Historians must be concerned that their works will earn a lasting place as contributions to knowledge about man's past experience.

In Conclusion

When the so-called "space age" began with the launching of Sputnik I on October 4, 1957, the US National Advisory Committee for Aeronautics, known as the NACA, formed a Special Committee on Space Technology headed by H.G.Stever. It had working groups with chairmen who assumed later prominence: J.A.Van Allen, W. von Braun, W.H.Pickering, W.R.Lovelace and others. Its final report was submitted to NACA's successor, the new National Aeronautics and Space Administration (NASA) during its first month of existence in October 1958. In its introduction, the Stever Committee said:²⁰

Scientifically, we are at the beginning of a new era. More than two centuries between Newton and Einstein were occupied by observations, experiments and thoughts that produced the background for modern science. New scientific knowledge indicates that we are already working in a similar period preceding another long step forward in scientific theory. The information obtained from direct observation, in space, of environment and of cosmological processes will probably be essential to, and will certainly assist in, the formulation of new unifying theories. We can no more predict the results of this work that Galileo could have predicted the industrial revolution that resulted from Newtonian mechanics.

The heroic first phase of the age of man's exploration of his solar system beyond the environs of the earth with space technology has about come to its end. As the telescope helped men see the place of the earth in orbit around the sun in the seventeenth century, so rocket propulsion has enabled scientists to test and augment new knowledge received from beyond the cataract of earth's atmosphere in the twentieth century. Now the frontiersmen of the co-mingled disciplines of the space sciences foretell a wholesale acquisition of new understandings of the meaning of space, time, energy, motion, and life processes in the universe. Once again the significance of future potentials does not appear widely accepted by even the majority of thinking men rooted in earth-bound affairs.

In the present era of astronautics with its tender cosmic philosophy, perhaps a new renaissance of the mind and spirit of mankind on earth may be in the making --- a renaissance sparked as when the new geography of Columbus and Magellan, and the new astronomy of Copernicus and Galileo, helped loosen Europe from the Middle Ages and brought forth

democratic nation-states; or when the new biology of Darwin and the new challenges and benefits of the industrial revolution for the conscious man assisted great intellectual stimulus in the late nineteenth century; as well as humanitarianism and technological growth in the twentieth century. Astronautics now has arisen after the technological mobilization of the leading industrial nations during two worldwide wars.

As in most man-made ventures, there was a small band of zealous prophets who anticipated a science and a technology of rocketry and astronautics that they themselves could not achieve or fully explain. So also the new cosmology envisioned by Tsiolkovsky, Goddard, and Oberth, and, carried on by others, suddenly expanded in the mid-twentieth century to a whole solar system and beyond. Space mobility has sown the seeds for a dynamic revolution in man's comprehension of nature and exploration of accessible reality. New data returned from the surface of the moon may serve as a Rosetta stone for the physical history of the earth. Future prospects for space undertakings seems limited only by our willingness to undertake them. A new and vivid view of our "blue planet" from above the "dirty beach sand" of the moon, described by the Apollo 8 crew in December 1968, certainly served to enforce man's precious appreciation for his unique "Spaceship Earth".²¹ What the future may bring is not the task of historians. But what has happened during the first decade-and-a-half of man's era of space mobility -- for his instruments and for himself -- is a wholesale challenge awaiting the careful attention of all competent historians.

Notes

1. Cf. Otis D. Duncan, "An Appreciation of William Fielding Ogburn", Technology and Culture, Vol. I (Winter, 1959-1960), pp. 94-99.
2. In the US, several seminal books appeared which are considered to have greatly expanded the number of people, particular young engineers, interested in rocket technology and space exploration. The most significant of these are: G.E. Pendray, The Coming Age of Rocket Power (New York, 1945), whose manuscript was read by R.H. Goddard; Willy Ley, Rockets, Missiles and Space Travel (New York, 1949), which was to go through 21 printings, and four revisions by 1970; Arthur C. Clarke, The Exploration of Space (New York, 1951), a Book-of-the-Month Selection in 1952; Cornelius Ryan (ed.), Across the Space Frontier (New York, 1953), book version of papers by J. Kaplan, W. von Braun, H. Haber, W. Ley, O. Schacter, and F.L. Whipple given at the First Conference on the Physics and Medicine in Outer Space, San Antonio, Texas, and published in Collier's Magazine in 1952, in turn, this led to the Walt Disney movie, "Man in Space", in 1954. Beyond the early writings of Tsiolkovsky, Goddard, Oberth, and Esnault-Pelterie, the classic volumes of N.A. Rynin, Interplanetary Flight and Communication (USSR, 1928-32); W. Ley and Die Rakete: Zeitschrift des Vereins für Räumerschiffahrt (Germany: 1927-29); David Lasser (US) and the publications of the American Rocket Society (1931-); P.E. Cleator and the publications of the British Interplanetary Society (1933-); and, A. Anonoff, L'Astronautique (Paris, 1950), who early contacted Tsiolkovsky and was one of the founders of the Interna-

tional Astronautical Federation -- these would seem to be among the stimulating works in Europe.

3. Cf. V.N.Sokol'sky, Russian Solid-Fuel Rockets (Moscow, 1963) translated by NASA (TT-F-415). Few gunpowder rocket developers, if any other than H.Ganswindt (1954-1934), had any genuine space technology thoughts. Jules Verne's Voyage to the Moon (1865) was inspirational to K.E.Tsiolkovsky, R.H.Goddard, and H.Oberth so that science fiction should not be ignored in the prehistory of astronautics. Cf. A.C.Clarke, "Imaginary Worlds", The Promise of Space (New York, 1968) pp.3-12.
4. C.Mcl.Green and M.Lomask, Vanguard: A History (Washington, D.C., 1970), pp.18-39; Cf. L.V.Berkner and H.Odishaw (eds.), Science in Space (New York, 1961) pp.34-37.
5. The International Committee on Space Research (COSPAR) was a direct continuation of the IGY, and it has functioned very effectively. Cf. A.Frutkin, International Cooperation in Space (New York, 1965), and "International Cooperation in Space", Science, Vol.169 (July 24, 1970), pp.333-39.
6. On the US creation of the National Aeronautics and Space Administration in 1958, see R.L.Rosholt, An Administrative History of NASA, 1958-63 (Washington, D.C., 1956), pp.3-17.
7. M.W.Rosen, "Big Rockets", International Science and Technology, Vol.I (December 1962), pp.66-71.
8. For example, see J.E.Webb (Administrator of NASA, 1961-68), Space Age Management: The Large-Scale Approach (New York: 1969); R.C.Seemans, Jr. (Associate Administrator of NASA, 1960-67), Action and Reaction, Minta Martin Lecture for 1969 (Cambridge, Mass., 1969).

9. Among those which should be noted in this regard are the programs of the respective history committees of the International Academy of Astronautics, the American Institute of Aeronautics and Astronautics, the American Association for the Advancement of Science, the British Interplanetary Society lectures, and the Scientific Conferences of the Institute of History of National Science and Technology of the Academy of Sciences, USSR. Historians presenting research papers also appear on the above programs. In the US, historians present papers at the professional historical society conferences, as engineers and scientists also present memoir papers at their respective professional meetings.
10. Lewis Mumford, The Myth of the Machine (New York, 1970), p.7.
11. E.M.Emme, NASA, Fourth National Colloquium on Oral History Proceedings (New York, 1970), pp.8-12.
12. I.A.A. History Symposia are annually summarized in Technology and Culture, quarterly of the Society for the History of Technology, and English language proceedings for the first two are being edited for publication by F.C.Durant of the Smithsonian Institution, and the third and fourth by E.M.Emme. The first Russian language volume has already appeared as A.A.Blagonraviv and V.N.Sokolsky (eds), From the History of Rockets and Astronautics, papers of the XVIIIth IAF Congress, Belgrade, 1967 (in Russian) (Moscow, 1970). Cf. E.M.Emme, "International History of Rocketry and Astronautics Symposium: Constance, West Germany, October 1970", Technology and Culture, Vol.12 (July 1971), pp.477-486.

13. Marvin Barrett (ed.), Survey of Broadcast Journalism, 1969-1970 (New York, 1970), pp.3-4.
14. Cf. W.Ley, Rockets, Missiles and Space Travel (New York, 1961), Bibliography, pp.516-42; M.Benton, The Literature of Space Science and Exploration (US, NRL, 1958); F.I.Ordway, Annotated Bibliography of Space Science and Technology, 1931-1961 (Washington, D.C., 1961); A.Renstrom, "Bibliographical Note" E.Emme (ed.), The History of Rocket Technology (Detroit, Mich., 1964), pp.285-308; and K.M.Dickson, History of Aeronautics and Astro-nautics: A Preliminary Bibliography (NASA, 1968). No history is complete without its own bibliography or bibliographical note to sources. A bibliography and an index are criteria for distinguishing historical work by professional scholars.
15. NASA has found general and program chronologies a useful beginning which also provide when published, an available reference. Cf. E.M.Emme, Aeronautics and Astronautics, 1915-1960 (NASA), followed by annual volumes, Astronautics and Aeronautics, 1963-68 (NASA, SP-4004-8, 1965-69). The 1969 volume appeared this month (SP-4010). NASA program chronologies include Mercury (SP-4001, 1963), Gemini (SP-4002), Apollo Spacecraft, Vol.I (SP-4009), and Ranger (JPL/HR-2). The I.A.A. has just initiated a chronology of international space events for 1970, being edited by C.Hall of the Jet Propulsion laboratory.
16. Cf. T.von Kármán, The Wind and Beyond (Boston, 1967), founder of the Jet Propulsion Laboratory at the California Institute of Technology, Pasadena, California. His papers are located at the Caltech Library.
17. The personal and official papers of the late Hugh L.Dryden are now being collected by R.Smith of the Johns Hopkins University Library.

18. Representative US non-space examples are Rex Cochrane, Measures for Progress: A History of the US Bureau of Standards (Washington, D.C., 1966); R.Hewlett and O.E. Anderson, This New World, 1940-46, and R.Hewlett and F.Duncan, Atomic Shield, 1947-52 (Vols I and II of the history of the Atomic Energy Commission, Univ. Park, Pa., 1958, 1969). NASA has published only one major laboratory history, E.P.Hertman, Adventures in Research: A History of the Ames Research Center, 1940-65 (NASA SP-4302, 1970), and other NASA Center histories are underway.
19. Cf. L.S.Swenson, J.M.Grimwood, and C.C.Alexander, This New Ocean: A History of Project Mercury (NASA SP-4202, 1966), and C.McI.Green and M.Lomask, Vanguard -- a History (NASA SP-4202, 1970).
20. NACA/NASA, Special Committee on Space Technology, "Recommendations Regarding a National Civil Space Program", October 28, 1959, p.2.
21. Barbara Ward's book Spaceship Earth (New York, 1966) presented her thesis on the impact of science on society for the survival of "the crew of Spaceship Earth" prior to the Apollo missions. Adlai Stevenson, former US Ambassador to the United Nations, however, referred earlier to the earth as a "spaceship" in a speech given shortly before he died in 1965: "We travel together, passengers on a little spaceship, dependent on its vulnerable reserve of air and soil; all committed for our safety to its security and peace; preserved from annihilation only by the care, the work, and I will say, the love we give our fragile craft." Speech was given to the 39th Session of the UN Economic and Social Council, Geneva, Switzerland, July 9, 1965. US Department of State, Press Release (170), July 9, 1965, p.15.

L. Essers (BRD)

MAX VALIER, EIN VORKÄMPFER DER WELTRAUMFAHRT

Max Valier, 1895 in Bozen geboren, hat schon als Gymnasiast mit seinem Fernrohr die Sterne betrachtet und mit großem Eifer sein Wissen über den Kosmos erweitert. Nach dem Abitur studierte er in Innsbruck Astronomie mit Mathematik, Physik und Meteorologie bis er eingezogen wurde. 1916 erschien das kleine "Sternbüchlein für jedermann",¹ das Valier in leichtverständlicher Sprache über die Sternwelt geschrieben hatte.

1917 wurde er zu einer Feldwetterwarte der österreichischen Luftfahrttruppe versetzt und 1918 auf einem Kurs zum technischen Flugzeugbeobachter ausgebildet und nun zu Versuchs- und Höhenflügen neuer Flugzeugtypen kommandiert. Nach einem Flugzeugabsturz lag er in Wien im Lazarett; da schrieb er eine Denkschrift und legte dar, warum das Propellerflugzeug zum Erreichen großer Höhen für immer ungeeignet bleiben muß, und nur die Rakete als Antriebsmittel für Stratosphärenflüge befähigt ist. Währenddessen kam das Kriegsende. Seine Heimat, Südtirol, wurde von den Ententemächten Italien übergeben. Valier, der sein Studium in Wien und später in München fortsetzte, mußte sich den Lebensunterhalt durch schriftstellerische und Vortragstätigkeit verdienen.

In seiner Wahlheimat München schrieb Valier 1923 sein großes Buch "Der Sterne Bahn und Wesen".² Darin schildert er, wie im Lauf der Jahrhunderte unser heutiges Weltbild von Kopernikus, Kepler und Newton aufgebaut wurde, so daß die Bewegungen der Himmelskörper in unserem Sonnensystem genau vorausberechenbar sind. Aber je mehr das optische Gerät der Sternwarten verbessert wurde, umso unsicherer wurde das Vorstellungsbild, das die Menschen sich über die Entstehungsursachen vieler, nun im Kosmos beobachteter Erscheinungen, z.B. Sonnenflecken und Protuberanzen oder das Entstehen einer Nova machten. (Durch die neuen Kenntnisse über nukleare Vorgänge mit ihren ungeheueren Energieentfaltungen sind jetzt viele Fragen beantwortet, die vor 50 Jahren Streitfragen der Astrophysiker waren).

In solche Rätsel der Sternkunde vertieft, stieß Valier 1924 zufällig auf Oberth's Buch "Die Rakete zu den Planetenräumen",³ das 1923 erschienen und bis dahin kaum beachtet worden war. Max Valier war der erste, der Oberth's Buch ernst nahm und in vielen Veröffentlichungen und Vorträgen erklärte: "Oberth macht den Vorstoß in den Weltenraum zur technischen Möglichkeit". Die Lösung vieler Rätsel des Kosmos erhoffte Valier von der Weltraumfahrt.

Zwei Jahre lang warb Valier in der Presse, um Geldgeber für Oberth's Raketenprojekt zu finden, aber vergeblich. Den Zeitgenossen war der Plan einer Weltraum-Rakete zu groß, zu utopisch.



Bild 1: Max Valier, 1927

Da wandte sich Valier seiner eigenen Idee zu, als Ausgangspunkt für die Entwicklung des Weltraumschiffes das Raketenflugzeug zu schaffen. In seinen Briefen an Oberth hatte er von 1924 an immer wieder betont, er glaube, die Verwirklichung der Weltraumrakete werde am besten durch eine schrittweise technische Entwicklung erreicht. Dafür hielt er folgenden Weg für zweckmäßig:

1. Etappe: Die bisher üblichen Pulverraketen systematisch durchmessen und zu Hochleistungsraketen entwickeln.
2. Etappe: Anwendung des Raketenantriebs an Bodenfahrzeugen.
3. Etappe: Entwicklung von Raketenmotoren mit flüssigem Treibstoff und Einbau von Raketenmotoren in entsprechend konstruierte Flugzeuge.
4. Etappe: Schaffung eines durch Raketenkraft angetriebenen Stratosphärenflugzeuges, das weiterentwickelt in immer höhere Atmosphärenschichten dringt und immer größere Geschwindigkeiten entfaltet, bis schließlich der Vorstoß in den Weltenraum möglich sein wird.

Doch auch für diesen Plan die nötige Finanzierung zu erhalten, schien unmöglich, denn auch dieser enthielt für die damalige Zeit viel zu neue Gedanken.

Im September 1925 wendete sich Valier an die Junkerswerke, die damals mit ihren dreimotorigen Passagierflugzeugen einen regelmäßigen

Luftverkehr Berlin-Moskau flogen. Er erklärte den Junkers-Ingenieuren, wie er sich die Erprobung und schrittweise Entwicklung des Rückstoßantriebs für Flugzeuge dachte und wie durch diese neue Art des Antriebs der Flug in der dünnen Luft der Stratosphäre ermöglicht und damit bald die dreifache Geschwindigkeit der Propellerflugzeuge erreicht werden könnte. Aber die Junkers-Ingenieure wollten diesem Plan erst näher treten, wenn wenigstens ein kleiner Rückstoßmotor mit flüssigem Brennstoff existierte.

Professor Oberth, mit dem Valier damals in ständigem Briefwechsel stand, lehnte die Idee, die Rakete erst in Bodenfahrzeuge und in Flugzeuge einzubauen, ab wegen des zu schlechten Wirkungsgrades bei den kleinen Geschwindigkeiten. Valier hingegen schrieb: "Ein Raketenflugzeug mit Benzin als Treibmittel könnte bei Vorkompression der Luft, also noch mit Luftsauerstoff, arbeiten (das ist das Prinzip unseres heutigen Düsenflugzeuges) ... Das Stratosphärenflugzeug, das mit großer Geschwindigkeit von Kontinent zu Kontinent fliegt, wird für den Luftverkehr eine Neuerung von großem Nutzen sein und wird dadurch auch die Finanzierung der Weltraumrakete einbringen".

Eine sowjetische Zeitung schrieb im Februar 1927: "Das Komitee der Interplanet. Sektion der Erfinder in Moskau ist nun mit einer offiziellen Einladung an Max Valier als ... einen der größten Mitarbeiter für das allgemeine Ideal herangetreten mit dem Ersuchen, sich an der Weltausstellung in Moskau mit seinem Material zu beteiligen." Valier sandte eine Übersicht über seinen Plan: Vom Flugzeug zum Weltraumschiff nach Moskau. Vermutlich waren es die Zeichnungen, die er sich von den Graphikern v. Römer für Presseaufsätze hatte zeichnen lassen, um seine geplante, schrittweise Erprobung und Entwicklung des Rückstoßantriebs zu zeigen. Bild 2, 3, 4 und 5.

Diese Bilder zeigte er auch bei seinem Vortrag "Flug mit Raketenkraft in Stratosphäre und Weltraum", gehalten in Berlin 1927 vor der

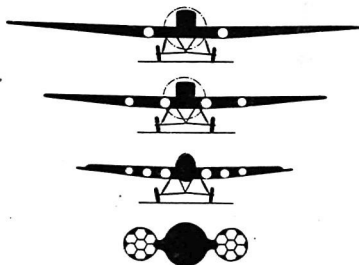


Bild 2: Aus der 3-motorigen Junkers G 23 wird schrittweise das Raketenflugzeug entwickelt.

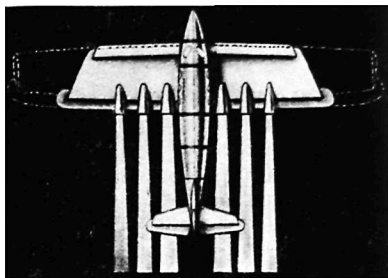
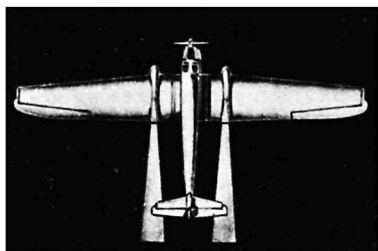


Bild 3: Bei Versuchsstufe (1) wird der Mittelmotor mit Propeller für Start und Landung beibehalten.

Bild 4: Stufe (3) mit 6 Rückstossmotoren, kleinen Flügeln und Druckkabine, das Schnellverkehrsflugzeug.

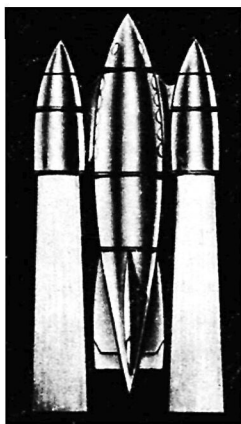


Bild 5: Stufe (4) Raketenschiff zur Erforschung der höchsten Zonen unserer Atmosphäre und zur Erprobung der Start- und Landetechnik.
Durch die Anordnung der Brennkammern wird Flugstabilität erreicht, weil die Vortriebskraft vor dem Schwerpunkt des Flugkörpers angreift.

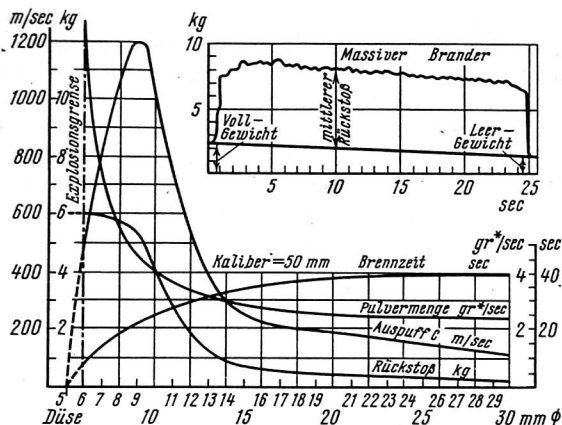


Bild 6: Ergebnis systematischer Messreihen von Pulverraketen: Grösste Auspuffgeschwindigkeit liegt nicht dicht beim Explosionspunkt, sondern beim Brandflächenverhältnis 36:1.

Fachwelt der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt. Aber bei der Diskussion ergab sich, daß die damaligen Flugzeugkonstruktoren sich einfach nicht vorstellen konnten, daß der Rückstoß von Auspuffgasen die Antriebskraft von Kolbenmotor und Propeller ersetzen kann.

Valier bemühte sich weiter durch Zeitungsaufsätze Verständnis für seinen Plan zu wecken und Geldgeber zu gewinnen. Aber in jener Zeit der großen Arbeitslosigkeit und Geldknappheit scheiterten Valiers Hoffnungen immer aufs neue.

Nach vielen Enttäuschungen gelang es ihm endlich, in dem Automobilfabrikanten und Sportsmann Fritz von Opel den gesuchten Financier für sein Entwicklungsprojekt zu finden.

Als Mitarbeiter für die erste Etappe, die systematische Untersuchung und Weiterentwicklung der vorhandenen Pulverraketen, wurde ein erfahrener Pyrotechniker, F.W.Sander, gewonnen. Valier schrieb: "In keinem Lehrbuch findet man eine Formel, nach der die Leistung einer Rakete vorher berechnet werden könnte. Es galt also, auf eigene Faust den Gesetzen nachzuspüren, welche die Raketenleistung bestimmen." Bei diesen Untersuchungen fand Valier, daß die höchste Leistung der Raketen bei einem ganz anderen Brandflächenverhältnis auftritt, als bisher angenommen war. Nach dieser Erkenntnis konnten nun Hochleistungsraketen hergestellt werden. Bild 6.

Im März 1928 fanden erste Versuchsfahrten auf der Opel-Rennbahn statt. Hierfür wurden an einem normalen Opelchassis Raketen befestigt. Valier wollte die erste Raketenfahrt selber fahren, aber Fritz v. Opel entschied: "Volkhart wird fahren, er ist Rennfahrer". Die Versuchsfahrten verliefen erwartungsgemäß.

Bis das im Bau befindliche eigentliche Raketenfahrzeug fertig wurde, nützte Valier die Zeit. Etappe 1 und 2 seines Entwicklungsprogramms waren geglückt, nun wandte er sich Etappe 3 zu. Weil die Junkerswerke damals nicht auf seinen Plan eingegangen waren, wollte Valier nun die Wirkung des Rückstoßantriebes von Pulverraketen an einem Segelflugzeug erproben. So hatte er es auch mit Opel verabredet. Er fuhr in die Rhön um zu sehen, ob das schwanzlose Segelflugzeug "Ente" der Rhön-Rossitten-Gesellschaft für erste Versuchsflüge mit Raketenantrieb geeignet wäre.

Inzwischen wurde das Raketenfahrzeug "Rak 1" fertig. Die Pressevorführungen brachten Opel den erhofften Reklameerfolg. Er hatte ja viel Geld für die Raketenversuche gegeben, nun stand der Name Opel in allen Zeitungen im In- und Ausland. Wenige Wochen später fuhr Opel selber seinen neugebauten "Opel-Rak-2" vor großem Publikum auf der Berliner Avus-Bahn. Mit 24 Raketen erreichte er die Höchstgeschwindigkeit von 230 km/h.

Leider führten Meinungsverschiedenheiten zu einem Zerwürfnis zwischen Opel und Valier. Opel führte nun mit Sander zusammen Valiers Pläne ohne Valier weiter.

Nach einigen Modellflugversuchen wurden 2 Raketen am Heck der "Ente" befestigt. Chefpilot Fritz Stamer bestieg die Maschine. Nach dem üblichen Gummiseilstart zündete er im Flug elektrisch eine Rakete nach der anderen. "Das Fliegen mit Raketenantrieb erwies sich als außerordentlich angenehm" schrieb Stamer in seinem Bericht in der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftfahrt von diesem allerersten Fliegen mit Rückstoßantrieb nach Valiers Plan.

Vom Raketenschlitten, den Herr von Miller, die Bedeutung des Rückstoßantriebes erkennend, in das Deutsche Museum holte, ebenso von Valiers Dampfstrahl-Rückstoßer, der mit flüssiger Kohlensäure zuverlässig und billig arbeitete, kann hier nicht weiter berichtet werden; alles waren vergebliche Bemühungen, in den Jahren der großen Arbeitslosigkeit und Geldknappheit Geldgeber für die Entwicklung der Flüssigkeitsrakete zu gewinnen.

Im Vorwort zur 2. Auflage seines Buches "Raketenfahrt"⁴ berichtete Valier, daß im August 1929 die Junkerswerke das von ihm seit Jahren empfohlene Prinzip, bei schwer überladenen Flugzeugen Raketen als Starthilfe zu verwenden, an der Junkers W 33 mit Erfolg erprobt hatten. Valier hoffte, daß nach der geglückten Raketen-Starthilfe man

bei Junkers wohl auch daran gehen werde, "den eigentlichen Raketenflug großer Maschinen für zukünftige Fern- und Schnellverkehrszwecke zu verwirklichen. Da für die angestrebten Ziele, d.h. Flüge in 12 000 bis 15 000 m Höhe mit Geschwindigkeiten von 600 bis 900 km/h jedoch der direkte Raketenstrahl von geringer Masse und hoher Auspuffgeschwindigkeit einen ungünstigen Wirkungsgrad ergeben würde, erscheint es naheliegend zu vermuten, daß man bei Junkers sich die Heranziehung der Außenluft als Sauerstoffträger, sowie zur Verwandlung des Strahls in einen Luftstrom von großer Masse und einer dem Flugtempo ähnlichen Geschwindigkeit zu Nutze machen wird." - Eigentlich wollte er die Junkers-Ingenieure auf diesen Gedanken aufmerksam machen, wenn er taktvoll schrieb: "erscheint es naheliegend zu vermuten". Weiter schrieb er: "Dann wird das Problem des Rückstoßantriebs auf dem Gebiet des Flugwesens Leistungen hervorbringen, die alle bisherigen Flugzeuge weit in den Schatten stellen. - Dann mag Schnellverkehr mit Raketenkraft und auch der Vorstoß in den Weltraum zur Tat werden!"

Ende 1929 wandte sich Valier an Dr. Paul Heylandt, der in Britz Erzeugungsanlagen für flüssigen Sauerstoff baute. Heylandt ging auf Valiers Plan ein - ein künftiger Sauerstoff-Verbraucher war für ihn auch kaufmännisch interessant. Heylandt gestattete Valier in seinen Fabrikanlagen den Raketenmotor mit flüssigem Treibstoff zu bauen, großzügig stellte er Valier für die Entwicklung 6 000 Mark zur Verfügung und als Assistenten seine jungen Versuchsingenieure Walter Riedel und Arthur Rudolph.

Trotz vieler zeitraubender Nebenbelastungen - Valier mußte durch Vorträge und Zeitungsartikel seinen und seiner Frau Lebensunterhalt aufbringen - gelang es Valier in kurzer Zeit durch wohlüberlegte Versuchsreihen die Rückstoßkraft seiner kleinen Brennkammer "Modell 1" immer weiter zu steigern. Riedel berichtet davon in der Zeitschrift "Weltraumfahrt" 1953 ... "Die Brennkammer bestand aus einem normalen Stahlrohr. An einem Ende war die Ausströmdüse und am anderen das Einspritzsystem angebracht." Bild 7. Der Rückstoß der brennenden Rakete wurde von Valier durch Gewichtauflegen auf die Waagschale einer handelsüblichen Dezimalwaage gemessen. Für Schutzmaßnahmen, wie sie heute bei Raketenversuchen üblich sind, hatte Valier weder Zeit noch Geld. Bild 8.

Am 23. Januar 1930, als die Brennkammer (auch einfach Ofen genannt) zum erstenmal gezündet wurde, hatte sie einen Rückstoß von 130 g. Nun wurde eine Änderung nach der anderen vorgenommen, das Gemisch, das Einströmen im Gegenstrom, mit und ohne Wirbelscheibe, die Halsweite der Düse, die Länge der Brennkammer, alles wurde stufenweise geändert und durchgemessen. Nur Brennversuche konnten zeigen, ob eine Änderung wirklich eine Verbesserung brachte, und der unbestech-

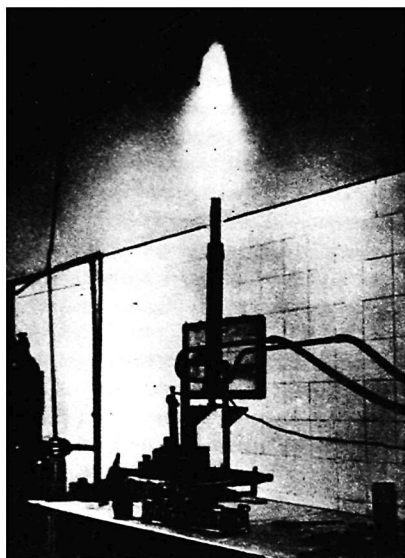


Bild 7: Die Brennkammer
ist auf einer
handelsüblichen
Dezimalwaage
aufgebaut.

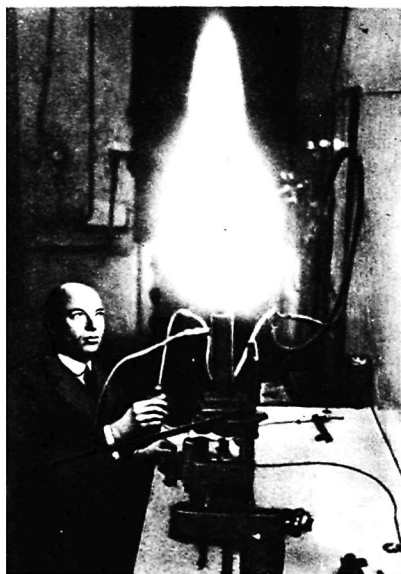


Bild 8: Um den Rückstofs
zu messen, legt
Max Valier Gewi-
chte auf die
Waagschale.

liche Richter aller Überlegungen war - die vielbelächelte Waage. Nach den ersten 5 Tagen wurden 2 150 g Rückstoß erreicht. Im Deutschen Museum sind einige Fotos von Valiers Archiv aufbewahrt. Auf die Rückseite des Fotos schrieb er den Versuchsbericht.

Ein Beispiel: "Modell 1 am 4. März nachm. erstmals im Freien im Dauerbetrieb; Rückstoßkraft 3 200 g Verbrauch pro Sec 20 g Spiritus und 8 g Sauerstoff (also zu wenig Sauerstoff) Druck auf den Tanks je 5 atm. nach dieser Messung wurden die Sauerstoff-Zufuhr-Querschnitte verdreifacht."

Am 26. März wurde die Brennkammer zum erstenmal mit flüssigem Sauerstoff betrieben und arbeitete gut. Am 14. April schrieb Valier seiner Frau: "heute 28 000 g Rückstoß, 28 kg, der kleine Ofen!"

Nun wurde die Brennkammer in Valiers Vorführlwagen "Rak 7" eingebaut. Walter Riedel berichtete: "Am 17. April 1930 wurden mit diesem Wagen auf dem Gelände der Firma Heylandt, und am 19. April auf dem Flugplatz Tempelhof Pressevorführungen durchgeführt, die erfolgreich verliefen. Diese Daten sind festzuhalten, da sie eine gewisse geschichtliche Bedeutung haben. Zum ersten Mal wurde nämlich in Deutschland ein Raketenantrieb mit flüssigen Treibstoffen gezeigt, und man kann diese Tage als Anfang der nachfolgenden Raketenentwicklung auf dieser Treibstoffbasis werten."

Valier hat den Pressevertretern erklärt, daß hier nicht ein Fahrzeugmotor, sondern der erste kleine Anfang vom Flugmotor der Zukunft gezeigt wurde. Das berichteten sie dann auch, und dazuhin: "Dieser Raketenmotor, der nicht ganz 4 kg wiegt, ist regulierbar wie ein Kolbenmotor. Die Verbrennung ist so vollkommen, daß weder Rauchgase noch schädliche Dämpfe entstehen".

Nun nützen Zeitungsberichte nicht viel, sie werden schnell vergessen. Darum war Valiers Plan, ein Flugzeug mit Rückstoßmotor über den Ärmelkanal zu fliegen, von Calais nach Dover, denn das ist die historische Strecke der Fliegerei (wir erinnern an Blériots Flug 1909).

In der Hoffnung, vom Generaldirektor des Shell-Konzerns für diese Entwicklung die nötige Finanzierung zu bekommen, bemühte Valier sich, dessen Bedingung zu erfüllen und seine Brennkammer von dem bisher verwendeten Spiritus auf Shellöl (Paraffin) umzustellen. Aber durch eine bis dahin unbekannte Eigenschaft dieses Brennstoffs kam es bei neuen systematischen Versuchsreihen zu einer Explosion; ein Splitter der berstenden Brennkammer traf Valiers Lungenschlagader.

An seinem Raketenprüfstand starb am 17. Mai 1930 Max Valier als Vorkämpfer und erstes Todesopfer der Raumfahrt.

Literaturverzeichnis

1. M.Valier. Sternbüchlein für Jedermann. München, 1917.
2. M.Valier. Der Sterne Bahn und Wesen. Leipzig, 1924.
3. H.Oberth. Die Rakete zu den Planetenräumen. München und Berlin 1923.
4. M.Valier. Raketenfahrt. München und Berlin, 1930.

A. Keller (Great Britain)

KEPLER, THE ART OF FLIGHT AND THE VISION
OF INTERPLANETARY TRAVEL AS THE NEXT
GREAT INVENTION

Historians of flight very often precede their account of man's conquest of the air by retailing some of the ancient legends of men who flew by magic or tried to fly, stories which are found in almost every culture. From these tales, they move directly to the century when the topic had become almost a respectable subject for discussion, or at least for imaginative literature. From the 1630s on, from the days when Godwin and Wilkins explored different possibilities through the years when Wilkins' student Robert Hooke "invented several ways of flying, and Huygens and Pascal "talked..... of flying",¹ the subject seems to have been a popular one. But there seems to be a gap between Wilkins, and those after him who took the matter seriously, and the fairy stories that went before; between the Age of Fantasy and the Age of Experiment. In this communication, I wish to suggest that gap can be spanned, that over the years 1546-1630 the idea was already gradually leaving the territory of myth for that of expectation.

Marjorie Nicolson, in her famous work "Voyages to the Moon", showed that Kepler's Somnium was the first imaginary journey to the Moon to be based on recent scientific discovery.

She suggests that the popularity of the idea of flight in the later seventeenth century and after was originally due to the inspiration of the telescope, which gave life to speculations about the moon's inhabitants and encouraged people to believe that any such creatures would be reasonably like ourselves, as their home was reasonably like our planet. As Kepler himself explains, since the eye cannot judge distance except comparatively, the effect of magnification is to make the Moon seem nearer, and the sight of detail on her surface makes her more familiar territory (one might almost say, more homely). But I would like to propose that the idea was present in Kepler's mind well before the invention of the telescope, and that the concept, for Kepler, as for others of his contemporaries who wrote in similar vein before the publication of the *Somnium*, derives from a literary notion, at first perhaps a *jeu d'esprit*, but increasingly more serious, which can be traced back to the 1540s.

At all events Kepler's writings did something to promote the idea of flight and travel to the Moon and beyond before the publication of the *Somnium*. In his *Dissertatio cum Nuncio Sidereo* of 1610, he declares that "settlers from our race of men will not be wanting once somebody will teach them the art of flying. Who would once have believed that the navigation of the most vast Ocean was safer and more tranquil than the narrow gulf of the Adriatic, the Baltic Sea, the English Channel. Grant but ships or sails suited to celestial breezes, there will be those who are not afraid even of that vast expanse... So let us lay the foundations of Astronomy for those men who will appear almost any day now and attempt this journey. And if he does then tries to smile away these bold hopes, he qualifies his smile with praise for the miracle of human audacity which has been shown especially in the men of this age".² The

comparison with the crossing of the Ocean is not an accident. Interplanetary voyages were evidently still in his mind a little later when he wrote the preface to his *Dioptrice*, and speculated how the heavens would appear to the eyes of "creatures who may live on Jupiter" and see four moons crossing their sky. And then he adds jokingly, "for I have just come back from those regions."³ Incidentally, it might have been this passage in the *Dissertatio cum Nuncio Sidereo* that first inspired John Wilkins, even before the *Somnium*, because when he says "it is the opinion of Kepler that as soon as the art of flying is found out some of their nation will make one of the first colonies that shall transplant into that other world"⁴ he is alluding to the first sentence quoted, but he misunderstood "ex nostra hominum gente" to mean the German nation rather than, as Kepler clearly intends, the human race.

But for Kepler we can go further back than his reaction to Galileo's *Sidereal Messenger*. In 1606 he published another Latin work, *De Stella Nova in Pede Serpentario*, which contains his observations and comments on "Kepler's nova," and on the grand conjunction of the three superior planets in 1604. In this connection, he discussed the speculations of those who imagined that a new age of the world was about to begin. On the whole he was doubtful; if anything a new age had already begun some while before. So much had happened in the past hundred and fifty years; he spends three pages on the dramatic conquests of Turks and Spaniards, on the overthrow of empires, on the Reformation, and most significantly on the great inventions, like printing-press and cannon, and devotes much space to the triumphs of navigation, and the great explorations of that century. Astrologers must be very foolish if they think more changes will take place in the next two hundred years, as

some predict, "unless" says Kepler "perhaps they think some new world will be discovered and the art of flying found out, whereby we may go to the Moon, or to some other celestial orb (alium mundi globum) good Lord, this orb of Earth is already too narrow for them!".⁵

In this passage the idea that the art of flight will be the next great invention follows on a list of the marvellous technological achievements of the recent past, and as in the excerpt from the Dissertation, the immediate connection is with voyages across the vastness of the ocean. Just before Kepler wrote, another dreamer of dreams and contemplator of conjunctions had expressed almost the same thought. In 1602 Campanella was still in the dungeons of the Inquisition when he wrote the first draught of his City of the Sun, which ends by expounding how the City's wise inhabitants see the effects of various celestial combinations, and how these have given rise to all the wonderful inventions of the present age; he notes that they have already "found out the art of flying which is all the world needs, and they expect an eye-piece to see the hidden stars, and an ear-piece to hear the harmony of the planets' motions".⁶ But it was not for many years that these strange words were published - not till after the invention of the telescope had justified one prophesy at least.

Yet we can go back before Campanella. The same train of ideas may be seen in the Third Book of Rabelais. In the course of preparations for Pantagruel's imaginary voyage, a model for many of his successors, Rabelais speaks most rhapsodically of two modern inventions; windmills, which save so much labour the Ancient philosophers could not avoid for all their learning, and great sailing ships which have conquered the oceans and brought the most remote corners of the world together. The descendants of the present generation may well invent something "of like energy by means of which humans will be able

to visit the sources of hail, the sluices of rain, the smithy of thunder; will be able to invade the regions of the Moon"; and he imagines the Gods gathering in panic to stop them, for fear they will "sit down with us at table and take our goddesses to wife".⁷ Cardano too in his autobiography dilates on the great inventions and discoveries of his time, - again the roll-call of new lands discovered and seas traversed - and ends "Now what more is lacking but that we occupy Heaven....."⁸ The French poet Salluste du Bartas in his "Enfance du Monde" of 1584 follows the same line of thought; first the roll-call of invention, then once we reach the marvels of modern navigation, it is apparently an easy step to add that "Men hoisting themselves through the emptiness of air will cross the sea with bold flight, and there is no doubt that if the Geometer should find another universe to set his feet, and his engines at his convenience, he will be able like a new god to carry this World into another place".⁹ That phrase "a new god" was too blasphemous to Du Bartas - in a second edition only five months after the first, he changed it to "a little god".....

Here are five passages, all preceding the telescope, which link the art of flight with the crossing of the oceans and the great inventions of the last generations, and which either imply or say outright that the art of flight is the next on the list. It is not easy to say how serious all this is; yet the association with something that had happened, with real achievements that would have seemed incredible not long before, does suggest that these authors saw the hope of flight as more than just fantasy. The first public discussion of the possibility of flight actually took place at Kepler's old university of Tübingen, where he had first hoped to present his lunar hypotheses

in 1593. For there in 1627 a disputation "on the art of flying" was held under the presidency of the humanist and poet Friedrich Herrmann Flayder.¹⁰ The proposer of the motion, one Johann Oswald of Ballingen, begins as usual with a pæan to modern invention, which surpasses the Ancients: "we have found a new world; we have found out not only Printing, Paper, the mariner's Compass" - and a host of other fine things mostly taken from Stradanus - but have also adorned alchemy with new discoveries, and added six hundred new medicines: the only thing we have not achieved is the art of flight. Then he mentions most recent attempts to venture under water in diving-bells and float with the aid of inflated boots and belts. And to top all, Stevin's sailing carriage who could have believed that possible who did not know it true..... and to travel across the sands at such an incredible speed!

Flayder himself concludes the debate. He makes an interesting physiological comment on the skeleton of a stork in the University library, remarking on the small size of the wing bones relative to its long legs and beak; yet those wings are capable of raising its large body. He then names some who have attempted to fly, and if he starts with more or less mythical heroes of a distinct past, like Daedalus and Ailmer of Malmesbury, he goes on to near contemporaries, an old fellow who was a teacher at Nuremberg, someone else at Paris "in the recollection of my parents", and a third at Venice. The first had used double wings as oars, with little wheels attached to drive them. Flayder had to admit that all these bird-men met with disaster, and were lucky if they escaped with no more than broken legs. But they were all novices and tiros at this art. We ought to train people up from childhood, then it might be done.

Almost all those who talk of flight assume that if men could fly at all, they could as easily fly to the Moon. Wilkins

was to make this explicit; he explained the phenomena of gravity by supposing a sphere of attraction, presumably taken ultimately from Gilbert, without understanding what Kepler had said on the subject, for he maintained its influence extended no further than the atmosphere, which he thought could be no more than 20 miles high. And so "if a man could but fly, or by any means get twenty miles upwards, it were possible for him to reach until the Moon."¹¹ What they will breathe beyond the atmosphere, he does not say. But some there were who wanted to be rid of the concept of a limited "sphere of air" altogether. Once the division between sublunar and celestial physics began to break down, some scholars could put forward the view that our air continued indefinitely and filled interplanetary space. The French mathematician Pena asserted in 1557 in the introduction to his translation of Euclid's Optics that "Optics is contemptuous of all these Opinions" (i.e. of crystalline spheres, an ether differing from our Four Elements etc.)" and, despising haughty and arrogant authority freely proclaims that all that space through which the planets move skilfully is that life-giving (animabilem) spirit diffused throughout nature, which we breathe, and is in no way to be distinguished from air".¹² Anyone who held this view would have to be, as Pena was, a Copernican: he would also have to decide that the phenomena of atmospheric refraction which follow from the assumption of a 'sphere of air' and a 'sphere of fire' in fact are not observed; and Pena believed they were not. His book was republished in 1604, and Kepler, while approving of much of what Pena had written, was obliged to refute him absolutely on this point. In November 1603, Kepler's correspondent Edmund Bruce wrote to him on similar lines. Broadly following the ideas of Bruno, believed in the uniformity of nature, and so he insisted that the same elements are to be found throughout the universe

"because the Air is also between those very bodies we call stars" and these in due sequence are composed of Water, Earth and Fire.¹³ Kepler had to disillusion him, but if he needed to do so at this late date, the error must have survived, particularly among the less scientific of the Copernicans. After he wrote, the visionaries of flight had to allow for the lack of air if their aeronauts were to travel far above the Earth's surface, although few were prepared to accept Kepler's observation that the atmosphere extended only a little way above the peaks of the highest mountains. As late as the 1660s Hooke was trying to use barometric techniques to prove far greater depths.¹⁴ Kepler was unusual in appreciating the enormous difficulties presented by the need to overcome gravity, by the lack of air to breathe, the cold, the huge distances involved. Hence in the Somnium he noted that the shock when Moon voyagers overcame the Earth's attraction would be much greater than being fired from a cannon, and spoke of applying damp sponges to the nostrils to help in respiration.¹⁵ But he knew that in his day only supernatural methods would do. Unlike him the other flight enthusiasts were not scientists. Those who have been mentioned here were men excited by the triumphs of an advancing technology and as recent discoveries which gave them the boldness to predict fresh victories to come. They did not really understand the obstacles and even those like Wilkins, who tried to face Kepler's problems, minimised their effects. That being so, it is all the more striking that Kepler too was an optimist who thought a voyage away from the Earth not beyond the bounds of possibility, for those who will attempt this great journey "will appear almost any day now".

N o t e s

1. A.E.Bell, Christian Huygens and the Development of Science in the Seventeenth Century (London 1947) 44.
2. J.Kepler, Dissertatio cum Nuncio Sidereo (Prague 1610) 26.
Translation modified from that of E.Rosen, Kepler's Conversation with Galileo's Fidereal Messenger (New York 1965) 39-40.
3. J.Kepler, Dioptrice (Augsburg 1611) 14.
4. J.Wilkins, The Discovery of a New World (in Mathematical and Philosophical Works (London 1802 edn.) 111,113.
5. J.Kepler, De Stella Nova in Pede Serpentarii (Prague 1606) 188.
6. T.Campanella, La Città del Sole, A.Seroni ed. (Milan 1962) 46.
7. F.Rebelsais, Le Tiers Livre des Faicts et Dicts Heroiques du Bon Pantagruel, ch. LI.
8. G.Gardano, De Vite Propria Liber (Paris 1643) 207.
9. G.de Salluste du Bartas, La Seconde Semsine, ou Enfance du Monde (Paris, April 1784) 93 (Sept. 1584 edn) 95.
10. F.H.Flalyder, De Arte Volandi (Tübingen 1627) The Passages summarised are to be found on p.7-10, 46-47. For biography, G.Bebermeyer Tübinger Dichterhumanisten (Tübingen 1927) Bebermeyer also edited Flalyder's Ausgewählte Werke (Leipzig 1925). A German translation of De Arte Volandi was published over a century later as Curieuse Gedancken von der Kunst zu fliegen (Frankfurt and Leipzig 1737).
11. J.Pena, Euclidis Optica et Catoptrica (Paris 1587), in preface de Usu Optices, sig. aa. ii.
12. M.Caspar & W.von Dyck eds. Johannes Kepler in seinen Briefen (Munich 1930) 196.

13. R.Hooke, Micrographia (London 1665) Observation LVIII. (cf. discussion in F.F.Centore, Robert Hooke's Contributions to Mechanics (The Hague 1970) 52-7.
14. See especially Somnium, notes 57, 65-74: cf. E.Rosen, Kepler's Somnium (Wisconsin U.P. 1967) 16, 71-3, in particular n.149; and Appendices H,I.

В.М.Кудрявцев, Е.К.Мошкин, Н.Б.Рутовский (СССР)
РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В
СССР

Развитие отечественного ракетного двигателестроения идет по пути решения таких проблем: повышение эффективности использования топлива путем увеличения удельной тяги и улучшения режима массообмена; обеспечение требуемой надежности работы двигательной установки; снижение стоимости производства и эксплуатации двигательной установки; простота и удобство в обращении; исключение загрязнения атмосферы Земли и космоса ядовитыми продуктами сгорания.

К.Э.Циолковский в 1903 г. сформулировал и развил в последующие годы основные положения реактивного движения, в частности теории ЖРД, предложил и исследовал схему ракеты с жидкостным двигателем. Выведенное им основное уравнение ракетодинамики показало, что полет к другим планетам требует создания двигателей с высокой удельной тягой, большого отношения веса заправленной ракеты к ее "сухому" весу, использования "ракетных поездов", по замыслу аналогичных многоступенчатым ракетам. Эти положения предопределили пути развития ЖРД. Большой вклад в науку о ракетах с ЖРД внес Ю.В.Кондратюк, разработавший основные проблемы космонавтики к 1919 г. Ф.А.Цандер сформулировал идею использования металлических элементов конструкции ракеты в качестве добавки к горючему.

В первые два десятилетия XX века не было производственной базы для реализации этих идей - шел процесс накопления теоретических и частично экспериментальных данных. С 1929 г. начинаются первые разработки ЖРД, которые в дальнейшем получили практическое развитие благодаря усилиям пионеров ракетной техники при помощи общественных и государственных организаций.

В 1903 г. К.Э.Циолковский рекомендовал топливо, состоящее из кислорода и водорода, как наиболее эффективное, а также из кислорода и углеводородов. Эти топлива в наше время в мировой практике нашли широкое применение. Позднее Ф.А.Цандер показал, что при использовании металлов в качестве горючего можно получить еще более высокие удельные тяги.

Значительный вклад в разработку эффективных топлив внес В.П.Глушко. Начиная с 1930 г. он предложил и исследовал в качестве компонентов топлива азотную кислоту и раствор в ней азотного тетраксида, тетранитрометан, хлорную кислоту, растворы фтора и кислорода, трехкомпонентное топливо – кислород + бериллий + водород и т. д. Результаты исследований пионеров ракетной техники СССР позволили получить и применить в эксплуатации высокоэффективные топлива.

Проблема сжигания больших количеств топлива в минимальных объемах была решена путем перехода от конических и предкамерных головок к плоской головке с равномерным расположением одно- и двухкомпонентных центробежных форсунок, обеспечивающих горение топлива в соответствии с предъявляемыми требованиями. Для этого понадобилось создать методы расчета форсунок с учетом вязкости жидкости, точно обеспечить оптимальные соотношения компонентов, провести исключительно большой комплекс опытов на уникальных установках. Теоретически и экспериментально были определены оптимальные объем и отношение длины камеры к ее диаметру; обоснована целесообразность применения цилиндрических прямоточных камер.

Решающее значение имеют работы многих советских ученых, в том числе Ф.А.Пандера, по термодинамическим расчетам. Методы расчета были усовершенствованы Я.Б.Зельдовичем, А.П.Ваничевым, А.И.Полярным и др. В итоге были созданы камеры высокой теплонпряженности и обеспечено полное сгорание топлива. Наличие высоких температур продуктов сгорания потребовало проведения фундаментальных исследований систем охлаждения стенок камеры сгорания и сопла. Теоретические исследования позволили перейти от эмпирических методик к надежным теоретическим методам расчета. Так, В.М.Иевлевым на основе теории пограничного слоя была разработана последовательность определения конвективного теплового потока с учетом пристеночного слоя. Созданная методика была усовершенствована с учетом результатов опытных данных. Были разработаны и уточнены методы расчета передачи тепла в охлаждающую жидкость, оптимизированы параметры элементов системы охлаждения, введены искусственная турбулизация охлаждающей жидкости, ребрение стенок камеры, осуществлен переход к скрепленным оболочкам и т. д. Реализация этих методов привела к повышению эффективности внешнего охлаждения.

Внутреннее охлаждение интенсифицировалось за счет улучшения условий подачи охлаждающей жидкости. Использовались кольца паровой завесы, шели с закруткой потока, пористые стенки и периферийные форсунки. Серьезную роль в решении проблемы защиты стенок сыграло применение термостойких покрытий, на необходимость которых указывали еще в ГДЛ и ГИРДе.

Экономичная, надежная система защиты стенок позволила поднять давление в камере и благодаря этому увеличить степень расширения продуктов сгорания. В результате удалось достичь значительного увеличения удельной тяги.

В связи с возрастающей ролью сопла в создании тяги были проведены большие исследования по снижению потерь, веса и габаритов сопла.

Так, еще в начале 30-х годов В.П.Глушко разработал профилированное (экспоненциальное) сопло. Вскоре от элементарного конического сопла перешли к профилированным соплам и, в частности, к соплу с угловой точкой. Д.А.Мельниковым и рядом советских ученых была создана методика расчета оптимизированных сопел.

Режим работы сопла со скачком уплотнения обосновал Г.И.Петров, который показал, что в сопло входит мостообразный скачок уплотнения, предварительно не преобразуясь в прямой. Другие авторы установили зависимость местоположения скачка уплотнения от угла раствора сопла и числа Маха на срезе. От тех же величин зависит восстановление давления за скачком уплотнения. В итоге в СССР были созданы высокоэффективные сопла.

Теория подачи топлива включает в себя разделы, посвященные системе наддува, внутривакуумным процессам, движению упругой жидкости в деформируемом трубопроводе, турбонососному агрегату и др. Большой вклад в теорию систем подачи внесли К.Э.Циолковский, Ф.А.Цандер и другие пионеры ракетной техники.

Взамен разрозненных методов расчета, используемых прежде, в послевоенный период была создана стройная теория, которая позволила разработать совершенные камеры сгорания, сопла и агрегаты системы подачи топлива и перейти к глубокому изучению всей двигательной установки как единого целого.

Исключительно велико значение исследования условий работы двигателя на нестационарных режимах. К числу таких исследований относятся уменьшение времени выхода на режим и пульсаций давления, а также обеспечение однотипности результатов испытаний и характера выключения ЖРД.

В послевоенные годы изучение нестационарных режимов проводилось опытным путем и расчетом как на моделирующих установках, так и на вычислительных цифровых машинах. Вопросы взаимосвязи процессов, протекающих в ЖРД, рассмотрены Е.К.Мошкиным в 1952 г., а основы динамики ЖРД - в 1964 г. Большими коллективами ученых были разработаны методики расчета выхода ЖРД на режим, позволяющие учитывать результаты обработки опытных данных, включающие в себя сотни нелинейных дифференциальных и алгебраических уравнений, в том числе и в частных производных. Эти исследования позволили создать оптимальную циклограмму запуска, повысить надежность путем исключения и предупреждения аварийных ситуаций.

В связи с повышением давления в камере и величины силы тяги появилась необходимость в отыскании путей повышения устойчивости двигателя. Первоначально вопросы устойчивости решались экспериментально, а позднее использовались новые методы расчета, основанные на результатах обработки опытных данных и положениях теории устойчивости. Удалось обеспечить устойчивую работу ЖРД при достаточно высоком давлении в камере.

Динамика ЖРД как самостоятельная область науки получила широкое развитие, что способствовало созданию ряда двигателей, относящихся к лучшим в мире в своем классе. Развитие теории высокочастотной неустойчивости и исследования советских ученых в этой области позволили

создать камеры, устойчиво работающие при высоких давлениях и большой силе тяги.

Для ЖРД с небольшим суммарным импульсом используются вытеснительные системы подачи топлива, которые в первоначальном виде были реализованы в 1932–1933 гг. в ГДЛ, а также М.К.Тихонравовым, Ф.А.Цандером и др.

В ЖРД со средним и большим суммарным импульсом применяется схема без дожигания продуктов газогенерации. Эти ЖРД модернизировались от схемы, где использовался третий компонент для привода турбины со своей вытеснительной подачей, до схемы, где газ для турбины вырабатывается из основного топлива.

Наиболее совершенной является схема ЖРД с дожиганием генераторного газа. Возможность сжигания всего топлива при оптимальном соотношении компонентов, ведение процесса при больших давлениях и степенях расширения в сопле позволило значительно повысить удельную тягу. При создании таких ЖРД были решены сложные задачи: сжигание топлива в газогенераторах при коэффициенте избытка окислителя, резко отличного от стехиометрического, энергетический баланс и оптимизация параметров ЖРД. Современные ракеты с ЖРД представляют собой единую энергетическую систему, работающую в оптимальном режиме.

Отдельные вопросы теории ЖРД изложены в различных работах русских и советских ученых (Ф.А.Цандера, В.П.Глушко, Е.К.Мошкина, А.В.Болгарского, В.К.Щукина, Г.Б.Синярёва, М.В.Добровольского, В.М.Кудрявцева, Е.С.Щетинкова, А.П.Ваничева, В.Е.Алемасова, Т.М.Мелькумова и др.). Большое число монографий, учебников, статей, написанных советскими учеными и опубликованных в СССР, является неопценным вкладом в науку, вкладом представителей советской школы.

С.Н.Кузьменко (СССР)

К ИСТОРИИ РАКЕТНОГО ДЕЛА НА УКРАИНЕ

Известно, что уже в 1516 г. запорожцы в битве с татарами пользовались ракетами. Так, в одной из работ, где описываются события XVI в., говорится: "Тетман... (Ружинский. – С.К.) выслал отряд конницы с приготовленными заранее бумажными ракетами, кои, будучи брошены на землю, могли перескакивать с места на место, делать до шести выстрелов каждая. Конница она, наскочав на становище татарское, зажгла свои ракеты, бросила их между лошадей татарских и причинила в них великую сумятицу..." [1].

В 1594 г. Эрих Ласота прибыл с дипломатической миссией в Запорожскую Сечь (от императора Рудольфа II) и позднее писал, что после того, как на Сечевой Раде "...было принято положительное решение... казаки стали греметь войсковыми барабанами и трубами, дали десять залпов из пушек, а ночью пустили еще несколько ракет" [2].

В качестве топлива в таких ракетах использовался черный порох, в котором, соответственно уравнению основной химической реакции, должно содержаться: селитры 74,8%, угля 13,3%, серы – 11,9%.

У нас нет сведений о том, как готовили упомянутые выше ракеты. Однако известно, что основным ингредиент пороха – селитра – готовился на Украине "искожи" [3], об этом говорит и Боплан, издавший в 1650 г. в Руане "Описание Украины": "...Казаки весьма искусны в добывании селитры, которою изобилует Украина, и в приготовлении пушечного пороха" [4]. В частности, изготовление большого количества селитры на Украине и притом высокого качества [5] позволило открыть в 1739 г. Шосткинский пороховой завод [6]. О способах приготовления пороха казаками на Украине упоминает, в частности, и К.Сименович в своей книге, изданной в 1650 г. на латинском языке в Амстердаме [7].

В 1815–1817 гг. над боевыми ракетами в России успешно работал А.Д.Засядько (1779–1837), уроженец Полтавщины – артиллерист, конструктор, изобретатель, который пришел к выводу, что "ракеты, применяемые на войне, есть ракеты обычные" [8]. Такой вывод был тогда очень важным потому, что после введения в Европе боевых ракет считалось, что действие их зависит от соотношения составных частей применявшегося в них пороха. Засядько пришел к выводу, что свойства боевых ракет в значительной степени зависят от их конструкции.

Для развития ракетного дела большое значение имела деятельность генерала К.И.Константинова (1818–1871), который с марта 1850 г. возглавил Санкт-Петербургское "ракетное заведение", и вскоре стал одним из мировых авторитетов в этой области. 10 июля 1861 г. он прочитал лекции о боевых ракетах в Парижской академии наук, и в том же году эти лекции были изданы в Париже отдельной книгой [9]. В России она вышла 3 года спустя [10]. Вместо Санкт-Петербургского "ракетного заведения", которое имело ряд недостатков [11], в 1866 г. началось сооружение ракетного завода в гор. Николаеве на р. Ингул. Проектирование и строительство его производились под непосредственным руководством К.И.Константинова.

Изготовление ракет состояло из таких главных этапов: а) приготовление пороха, б) изготовление корпуса ракет, в) набивка ракет порохом, г) окончательная отделка их. В соответствии с этим и сооружались здания. Основное сырье предполагалось получать из других мест. Так, например, в 1871 г. селитру, серу черенковую и ольховые дрова доставляли с Шосткинского порохового завода [12]. Уголь для пороха готовили на месте в "ретортных печах" [13].

Константинов считал, что на Николаевском ракетном заводе ракеты должны изготавливаться машинным, а не ручным способом: при нем должен быть пороховой завод, должны были изготавливаться различные металлические детали для ракет и для других военных потребностей, там должен был быть полигон и учебный центр. Но Константинову все время приходилось бороться с прохладным отношением к его проектам [14]. Тем не менее, гидравлические прессы для набивки ракет были заказаны фирме Фарко во Франции, прибыли в Николаев и, в конце концов, были установлены. Правда, даже когда машины из Франции уже прибыли, то еще оставались сомнения в высших сферах относительно того, следует ли в Николаеве организовывать ракетное предприятие.

Константинов рассчитывал, что полностью наладить производство ракет машинным способом удастся не ранее 1873 г., но потребность в ра-

кетах сделала необходимым производить их с 1871 г. ручным способом. В этом году было изготовлено 1500 боевых ракет двухдюймового калибра. Окончательно работа завода наладилась в 1873 г. [15].

Ракетные гильзы для двухдюймовых боевых ракет набивали при помощи гидравлического пресса составом, состоявшим из 72 частей селитры, 14 частей серы и 20 частей угля [16]. Перед этим селитру и смесь серы с углем отдельно измелчали "...в наклонных медных бочках, внутри которых находятся бронзовые пули", а затем готовили смесь.

Николаевский ракетный завод был в то время передовым механизированным предприятием – он по сути был одновременно и заводом и арсеналом, научно-исследовательским и проектно-конструкторским учреждением. Там изготовлялись ракеты боевые и осветительные, а в 90-х гг., главным образом, сигнальные и спасательные [17].

В период с 1871 по 1885 г. наибольшее число боевых ракет было изготовлено в 1877 г. (5000), а наименьшее в 1884–1885 гг. (по 500 штук ежегодно); осветительных: самое большое число в 1894–1898 гг. (по 9000 ежегодно), а наименьшее – в 1876 г. (200) [18].

Состав ракетной смеси (пороха) часто менялся. Константинов вначале считал, что наилучшее соотношение такое: селитры – 72 части, серы и угля по 14 частей. Впоследствии, учитывая исследования Пруста, он пришел к выводу, что лучшее соотношение: селитры – 75, а серы и угля по 12,5 частей (см. табл. 1) [19]. В дальнейшем ракетная смесь имела различный состав в зависимости от рода ракет, их конструкции и материалов.

Составы пороха

№ п/п	Род пороха или автор	Содержание в %			Примечание
		Селитры	Серы	Угля	
1	"Идеальный" (по хим. уравнению)	74,8	11,9	13,3	
2	Пруст	75	12,5	12,5	
3	Константинов (вначале)	72	14	14	
4	Семенович – для орудий	66,6	16,7	16,7	
5	Семенович – для мушкетов	72,5	13	14,5	
6	Семенович – для пистолетов	78,7	9,4	11,9	
7	Николаевский ракетный завод – для 2-х дюйм. боевых ракет	67,9	13,2	18,9	

Примерная тематика опытных работ,
поступавших на Николаевский ракетный завод

№ п/п	Автор	Годы	Цель работы
1	Порецкий	1871-1875	Применение нефти к ракетам
2	Гельгоф	нач. 1877	Применение динамита и пироксилина к ракетам
3	"Американец"	1877	Двигать подводные мины с помощью ракет
4	Безобразов	1878-80	Изготовление пиротехнического двигателя для самодвижущихся мин
5	Задание Военного министерства		Получение бенгальских огней с примесью металлического магния
6	Вильямс	1886-87	Бросать сильно взрывчатые вещества с помощью ракет
7	О-во спасения на водах	1890	Изготовление "...ракет для бросания жидкого масла на взволнованное море с целью усмирения волн..."

Существенная характеристика ракет - дальность полета - зависела не только от состава ракетной смеси, но и от конструкции. Этому вопросу много уделял внимания В.В.Нечаев (1822-1906 гг.), сменивший Константинова, скончавшегося в январе 1871 г. В связи с изобретением пироксилина В.В.Нечаев разработал пироксилиновую ракету, которая в начале 1876 г. испытывалась на Волковом поле в Санкт-Петербурге, получила положительную оценку и в дальнейшем совершенствование ее производилось на Николаевском ракетном заводе [20]. Испытания ракет там производились еще в 1865 г. [21]. Впоследствии они часто выполнялись по поручению военного ведомства для проверки или доработки различных изобретений или предложений со стороны отечественных или иностранных специалистов (см. табл. 2) [22].

К концу XIX в. вследствие бурного развития нарезной артиллерии интерес к ракетам в Европе, в том числе и в России, упал и в связи с этим Николаевский завод в 1910 г. был закрыт, а все ракетное дело передано в Шосткинский пороховой завод, с которым Николаевский был связан и ранее.

В XIX в. проблемами реактивного движения занимались на Украине и отдельные изобретатели. Так, киевский инженер Ф.Р.Гешвенд в 1886 г. издал книгу, в которой рассмотрел применение реактивного принципа на железнодорожном транспорте [23], а в 1887 г. обосновал на том же принципе устройство летательного аппарата тяжелее воздуха [24].

Следует также упомянуть о Н.И.Кибальчиче (1853-1881), авторе схемы реактивного летательного аппарата, а также Ю.В.Кондратье (1897-

1942) и С.П.Королеве (1907–1966), которые внесли значительный вклад в развитие ракетной техники. Они родились, учились и определенную часть жизни работали на Украине. Однако подробное рассмотрение их деятельности выходит за рамки данного доклада.

Литература и источники

1. Г.Кониский. История русов. М., 1847, стр. 16, 17.
2. Эрих Ласота. Путевые записки. СПб., 1873, стр. 36.
3. Столетие Шосткинского порохового завода. СПб., 1871, стр. 1.
4. Боплан. Описание Украины. СПб., 1832, стр. 5, 6.
5. П.М.Лукьянов. История химических промыслов и химической промышленности СССР. М.–Л., 1949, т. 2, стр. 162.
6. ЦГИА УССР, ф. 580, оп. 1, ед. хр. 2185, лл. 26–35.
7. K.Siemenowicz. Artis magnae artilleriae. Amsterdam, 1650, p.147.
8. Центральный гос. военно-исторический архив (ЦГВИА), ф. 35, оп. 4/245, св. 188, д. 65, лл. 48 об., 49. Цитирую по В.Н.Сокольскому: В.Н.Сокольский. Ракеты на твердом топливе в России. М., 1963, стр. 29.
9. Constantinoff. Lectures sur les fusées de guerre. Paris, 1861.
10. К.Константинов. О боевых ракетах. СПб., 1864, стр. 63.
11. Центральный государственный исторический архив УССР (ЦГИА УССР), ф. 580, оп. 1, ед. хр. 552, лл. 120–133.
12. Архив Военно-исторического музея артиллерии, инженерных войск и войск связи (АВИМАИВС), ф. 6, оп. 6/1, ед. хр. 123, лл. 89, 127 и др.
13. ЦГИА УССР, ф. 580, оп. 1, ед. хр. 581, лл. 31–33.
14. АВИМАИВС, ф. 5, оп. 4, ед.хр. 700, лл. 1–11, 46 об.
15. ЦГИА УССР, ф. 580, оп. 1, ед. хр. 566, л. 97 об–105.
16. ЦГИА УССР, ф. 580, оп. 1, ед. хр. 585, л. 17 об.
17. ЦГИА УССР, ф. 580, оп. 1, ед. хр. 615, л. 1 и др.
18. В.Н.Сокольский. Ракеты на твердом топливе в России. М., 1963, стр. 119, 132.
19. В.Н.Сокольский. Ракеты на твердом топливе в России. М., 1963, стр. 82.
20. ЦГИА УССР, ф. 580, оп. 1, ед. хр. 591, лл. 232–235; ед. хр. 582, лл. 15–17 об.; ед. хр. 566, л. 97 об.
21. ЦГИА УССР, ф. 580, оп. 1, ед. хр. 579, л. 9, 15.
22. ЦГИА УССР, ф. 580, оп. 1, ед. хр. 584, л. 149–186; ед. хр. 591, лл. 6, 46, 293; ед. хр. 594, лл. 1–53; ед. хр. 603, лл. 1–18; ед. хр. 604, л. 7–11; ед. хр. 610, лл. 1–10.
23. Ф.Гешвенд. Общее основание проекта применения реактивной работы пара к железнодорожным паровозам. Киев, 1886.
24. Ф.Гешвенд. Общее основание устройства воздухоплавательного парохода (паролет). Киев, 1887; его же. Дополнение (к брошюре 1887 г.) об упрощении в устройстве воздухоплавательного парохода; паролет Киев, 1887.

ОСНОВНЫЕ ИДЕИ В РАЗВИТИИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПОСЛЕВОЕННЫЙ ПЕРИОД

Идеи в области авиационных газотурбинных двигателей появлялись и приобретали материальный облик практически одновременно в ряде стран (СССР, Англия, Германия, США, Франция).

1. Вторая мировая война потребовала от военной и транспортной авиации чрезвычайных усилий; это было связано со все возрастающим количеством самолетов и улучшением их летно-технических показателей в процессе самой войны. В ходе войны, в частности, повышалась мощность поршневых двигателей, которые были основным типом авиационных двигателей [6]. Однако возникло противоречие между возможностями поршневого двигателя и требованием значительного увеличения скорости самолета. Нужен был совершенно новый тип двигателя, который лучше соответствовал бы требованиям скоростного самолета. Таким двигателем стал газотурбинный (ГТД).

2. В 1930 г. англичанин Ф. Уиттл запатентовал схему [1] и дал описание авиационного газотурбинного реактивного двигателя с использованием центробежного компрессора.

Позднее инженер А.М. Льюлка (СССР) выдвинул и обосновал конструктивную схему двухконтурного турбореактивного двигателя. В отличие от схемы Ф. Уиттла, А.М. Льюлка для сжатия воздуха избрал многоступенчатый осевой компрессор, что для авиации было более прогрессивным решением. Еще во время второй мировой войны появились самолеты с ГТД, имевшими многоступенчатые осевые компрессоры (ЮМО-004, БМВ-003); двигатели этих самолетов имели низкие показатели [2].

3. Послевоенный период характеризуется быстрым и широким развитием авиационных газотурбинных двигателей и практически полным вытеснением поршневых двигателей.

Наряду с турбореактивными двигателями (ТРД) большое внимание уделялось разработке турбовинтовых двигателей (ТВД), которые получили весьма широкое применение на транспортных и военно-транспортных самолетах. Объясняется это тем, что ТВД существенно увеличили крейсерскую скорость полета (до 600–700 км/час) сравнительно с поршневыми (300–450 км/час). Наличие воздушного винта приводило к увеличению взлетной тяги. Первые ТВД имели сравнительно небольшую мощность [7]; вместе с тем удельные расходы топлива были велики. Большая работа в ряде стран привела к увеличению мощности, к сохранению мощности до некоторой высоты и к существенному уменьшению расхода топлива [4]. Однако ТВД обладали органическим недостатком поршневых двигателей, а именно: развивая мощность на валу винта при малой величине реактивной тяги (около 10% от тяги ВРД по валу), ТВД не могли обеспечить большую дозвуковую крейсерскую скорость полета.

Стремление повысить экономичность ТВД, особенно на крейсерских режимах полета самолетов, для увеличения дальности или продолжительности полета в воздухе уже на начальном этапе создания газотурбин-

ных двигателей привело к применению регенерации тепла; регенерация получила ограниченное применение в авиации.

4. На транспортных и военно-транспортных дозвуковых самолетах в начале 50-х годов стали применяться двухконтурные газотурбинные двигатели (ДТРД), разработка которых опиралась на опыт создания ТРД. Двухконтурные двигатели позволили повысить крейсерскую скорость полета самолетов до 850–950 км/час при удовлетворительной экономичности. Этому способствовал более высокий кпд осевых ступеней первого и второго контуров.

ДТРД не имеет редуктора и воздушного винта; взамен этих сложных, тяжелых и дорогих устройств ДТРД имеет одно- или двухступенчатый вентилятор во втором контуре с высоким кпд.

В настоящее время ДТРД стали основным типом авиационных двигателей для самолетов с большими дозвуковыми скоростями. В последние годы стали разрабатываться ДТРД с большой степенью двухконтурности ($m=6-8$ и более) [4]. Это, в сочетании с высокими степенями повышения давления в компрессоре (P_K достигает 25–26) и высокими температурами газов перед турбиной (до 1600°K и выше) [9], привело не только к увеличению взлетной тяги, но и существенно увеличило экономичность двигателей. В опытных образцах удельный расход топлива на взлете доходит до 0,315 кг на 1 кг тяги в час (TF – 39).

С увеличением взлетного веса самолетов росли и абсолютные тяги ДТРД. В настоящее время максимальная тяга двигателя RB-211-22 достигает 22,7 т, а двигателя Дженерал Электрик CF 6-50 – 23,9 т [10, 11].

5. Турбореактивные двигатели, как указывалось, разрабатывались с самого начала создания реактивной авиации. Организация процесса распыливания топлива, смешение его с начальным воздухом, обеспечение полноты сгорания топлива, снижение средней температуры газов перед турбиной до необходимого уровня, обеспечение большей равномерности поля температур и скоростей перед турбиной – все это было успешно достигнуто в результате большой и целеустремленной работы в ряде стран. Тем не менее, дальнейшее уменьшение дымности выхлопа, особенно на режимах взлета, еще является предметом серьезных исследований.

Увеличение тяги единичного двигателя и повышение экономичности постоянно были задачами исследователей и конструкторов. Особенно остро эти задачи встали, когда авиация перешла к сверхзвуковым скоростям.

Уже к концу 40-х годов стало ясно, что одной из главных проблем, связанных с повышением скорости полета, является увеличение удельной лобовой тяги двигателя, т.е. тяги, отнесенной к 1 м^2 миделя. Увеличение удельной лобовой тяги требовало при заданном расходе воздуха через двигатель уменьшения размеров входного устройства, компрессора, камеры сгорания, турбины, выходного устройства и форсажной камеры. Еще в период войны в Германии разрабатывались форсажные камеры, в которых за турбиной сжигалось топливо, благодаря большому избытку кис-

лорода после основных камер, что позволяло повысить тягу двигателя на 20–25% при увеличении удельного расхода топлива с 1,1–1,2 (на бесфорсажном режиме) до 1,9–2,0 кг на 1 кг тяги в час на дозвуковых двигателях на стенде. Теоретические исследования показывали, что с увеличением скорости полета, особенно на сверхзвуковых скоростях, применение форсажа становится более выгодным, что объясняется увеличением перепада давлений в сопле при увеличении числа M полета. В современных сверхзвуковых самолетах вследствие более совершенного сгорания топлива и более высоких температур форсажные камеры увеличивают тягу двигателя на 50–60%.

Независимо от использования форсажа, задача увеличения удельной лобовой тяги требовала уменьшения миделя всех элементов двигателя при заданном расходе воздуха.

В результате в современных сверхзвуковых ТРДФ удельная лобовая тяга достигает $11,5 \text{ м/М}_2$ (двигатель GE 4/15P) [8] вместо 1,6–2,5 т в ранних немецких ТРД с осевым компрессором [2, 7].

Абсолютная максимальная тяга в первых образцах ТРД составляла 900 кг и меньше, в то время как современный ТРД GE4 в бесфорсажном варианте развивает тягу 18 т.

6. Переход на сверхзвуковые скорости полета потребовал создания специальных регулируемых входных устройств с оптимальной системой сжатия, соответствующей числу M полета, и с регулировкой расхода воздуха на различных режимах так, чтобы расход воздуха, протекающего через входное устройство, точно соответствовал требуемому для двигателя расходу воздуха на этих режимах. Эта задача потребовала перехода к сверхзвуковым регулируемым входным устройствам с внешним или смешанным сжатием воздуха [3].

Важное значение приобрели и выходные устройства. Первые ТРД имели простое сужающееся сопло, в лучшем случае снабженное специальной лепестковой конструкцией для изменения размера выходного сечения. В результате теоретических и экспериментальных исследований были разработаны специальные эжекторные регулируемые выходные устройства с малым коэффициентом эжекции, а также выходные устройства с центральным телом.

7. Одной из весьма важных задач создания современных двигателей сверхзвуковых самолетов являлось согласование расхода воздуха и продуктов сгорания через все элементы двигателя на всех режимах полета и на всех числах оборотов турбокомпрессора. Именно это потребовало регулирования, прежде всего, входного и выходного устройств.

С самого начала создатели газотурбинных двигателей столкнулись с очень серьезной проблемой – проблемой неустойчивой работы двигателя ("помпаж"), в результате чего в лучшем случае двигатель выключался, а чаще всего – разрушались лопатки турбины. Решение этой проблемы потребовало глубоких и многолетних исследований в ряде стран. Устранение помпажа достигалось установкой после определенных ступеней специальных лент (одной, двух), которые автоматически на определенных режимах открывали отверстия и перепускали избыточное количество воздуха мимо последующих ступеней.

Другой метод, получивший практическое применение в конце 40–х и начале 50–х годов, заключался в разделении многоступенчатого компрес-

сора на два каскада, каждый из которых имел меньшее число ступеней, меньшую ступень повышения давления и приводился во вращение своей турбиной.

Наиболее эффективным методом регулирования компрессора является поворот направляющих и рабочих лопаток соответственно режиму работы двигателя так, чтобы всегда иметь бесрывное обтекание лопаток потоком воздуха. В авиационных конструкциях ограничиваются поворотом направляющих лопаток ряда ступеней статора и это уже приводит к ощутимым результатам [12]. Первые опыты с поворотными лопатками направляющих аппаратов экспериментального компрессора относятся к концу 40-х годов. В зависимости от конструкции и характеристик компрессора регулируются только направляющие аппараты первых ступеней или одновременно первых и последних ступеней. При больших числах M полета ($M = 2, 5-3, 0$) в одновальной конструкции наибольший эффект может быть получен при регулировании всех направляющих аппаратов.

Еще в период второй мировой войны в Германии, а после войны и в других странах (Англия, СССР, США) велись исследования высоконапорных и сверхзвуковых ступеней компрессора. Основная цель - уменьшение числа ступеней компрессора и, следовательно, веса и длины двигателя. Компрессоры с дозвуковыми ступенями оказались по весу и размерам в целом не хуже, а по устойчивости, технологичности и стоимости лучше компрессоров со сверхзвуковыми ступенями, хотя эта проблема еще не получила однозначного решения, так как увеличение степени повышения давления в компрессоре требует некоторого повышения напорности ступеней.

8. В последние годы в ряде стран появились так называемые модульные конструкции двигателей. Это - важный в эксплуатационном отношении вопрос - разработка конструкций, позволяющих проводить разборку и осмотр отдельных узлов (модулей) двигателя без полной разборки двигателя и без съема его с самолета [13, 14]. Этот принцип проектирования двигателя является весьма перспективным.

9. Развитие авиационных реактивных двигателей привело к увеличению длины разбега самолета на взлете и длины пробега при посадке. Это потребовало увеличения размеров аэродромов и увеличения их стоимости. Одним из первых решений, направленных на уменьшение длины пробега, было применение реверса тяги.

Наиболее радикальным решением является создание подъемно-маршевых и подъемных турбореактивных двигателей. В подъемно-маршевом двигателе выходное сопло делается поворотным так, что при взлете и при посадке самолета тяга направляется вертикально вверх или под небольшим углом к вертикали. Если тяга двигателей превышает вес самолета, последний может взлетать и совершать посадку вертикально. Если сила тяги двигателей не больше веса самолета, то поворот выходного устройства позволит заметно сократить (укоротить) длину разбега и посадки. Эти самолеты получили обозначение СВ/УВП*.

* СВ/УВП - самолеты вертикального или укороченного взлета и посадки.

Для обеспечения вертикального взлета и посадки самолетов в течение последних 10–12 лет создавались специальные подъемные реактивные двигатели; они выполняются одно- и двухконтурными. Главная особенность их – легкость конструкции (до 0,05 кг веса/кг тяги и меньше) [16, 18]. Это достигается широким применением легких синтетических материалов, а также снижением требований к ресурсу. Подъемные двигатели сочетаются с маршевыми реактивными двигателями, что позволяет самолету иметь необходимую скорость и маневренность. Применение подъемных двигателей требует специальных мер для устойчивости взлета, полета и посадки самолета, а также для уменьшения сопротивления при горизонтальном полете [15].

10. Задача повышения дальности и эффективности самолетов выдвигает требование разработки и применения высококалорийных топлив. Вместе с тем, охлаждение горячих элементов силовых установок связывается с использованием топлив, обладающих возможно более высоким хладоресурсом [17]. За последние годы в ряде стран исследуются и ведутся экспериментальные работы по применению в двигателях жидкого метана и жидкого водорода.

11. Современные турбореактивные двигатели обеспечивают достижение скорости полета, определяемой числом $M \sim 3$. Дальнейшее увеличение скорости полета требует использования новых идей. Такой является идея создания комбинированных двигателей – турборакетных, турбопрямоточных, ракетно-прямоточных двигателей и других более сложных систем. Комбинированная система позволяет на взлете и скорости полета до $M \sim 3$ воспользоваться наиболее экономичными, но позволяющими быстрее достигнуть нужной скорости и высоты, ракетными двигателями. По достижении большой скорости в комбинированной системе начинает работать прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ПВРД). С помощью ПВРД на современных топливах для ТРД могут быть получены числа M полета 5–6. На водороде при сверхзвуковом горении в специальной конструкции ПВРД могут быть достигнуты числа M полета 20–24 [6].

Литература и источники

1. Патент Англии № 347206. Кл. 46g. Заявлен 16.1.1930 г.
2. И. Дриггс, О. Ланкастер. Авиационные газовые турбины. М., 1957, с. 289, 298.
3. Б.С. Стечкин и др. – Теория реактивных двигателей. Рабочий процесс и характеристики. М., 1958, с. 27–28.
4. Иностранные авиационные и ракетные двигатели. ЦИАМ, 1967.
5. A. Ferri – Supersonic combustion progress. *Astronautics*, 1964, v. 2, N 8, pp. 32–37.
6. P. Wilkinson. *Aircraft Engine of the World*. New York, 1944.
7. Авиационные газотурбинные двигатели. ЦИАМ, 1946.
8. "Flying Review International". 1969, v. 25, N 8, p. 32.
9. "Aeronautique et Astronautique". 1971, N 25, p. 37.
10. "Flight", 1970, v. 98, N 3199, pp. 15–17.

11. Continuing development of the GE CF6-50. - "Interavia", 1971, N 12, pp. 1380-1381.
12. M. Yaffe. GE aims 1791B at future F-4 series. - "Aviation Week", 1965, v. 82, N 16, pp. 53-53.
13. R. H. Weir. Propulsion Prospects. - "RAS Journal", 1969, v. 73, N 707, pp. 923-934.
14. R. G. West. Fan lift in VTOL design. - "Aeronautical Journ", 1969, v. 73, N 704, pp. 657-664.
15. "Aircraft", 1970, v. 49, N 4, pp. 22, 24, 44.
16. "Aviation Magazine", 1970, N 536, pp. 48-54.
17. M. Yaffe. Methane Studied as fuel SST. - "Aviation Week", 1969, v. 91, N 15, pp. 47, 50-55.
18. "Flight", 1964, v. 86, N 2904, pp. 785-787.

F. L. Ordway (USA)

THE HISTORY, EVOLUTION, AND BENEFITS
OF THE SPACE STATION CONCEPT
(IN THE UNITED STATES AND WESTERN EUROPE)

The tragic ending of the otherwise highly successful Salut/Soyuz 11 experiment undertaken during a 24-day period last June, and significant progress in the development and construction of the American Skylab orbital workshop and solar telescope mount followed by nearly a century the first known proposal for what today we term a space station. Presented in the form of a novella by the American writer Edward Everett Hale, it appeared in 1869 and 1870 as a four-part serial in the Atlantic Monthly Magazine.¹ (The story unfolded in the November and December 1869 issues, with no clue as to its author. Nor did he reveal himself in the final installment in February of the following year. But when it came time for the Atlantic Monthly's editor to publish the table of contents for the entire year 1870, the writer's name, Edward Everett Hale (US clergyman and author of the famed short story "A Man Without a Country"), was made known). The tale was entitled "The Brick Moon", and dealt with a 61-meter diameter station orbiting the Earth at a distance of 6,500 kilometers. Primarily constructed to serve as an aid to ocean navigation, it was to "...forever revolve ... the blessing of

all seamen...". (Hale's idea occurred almost two centuries after the appearance of Sir Isaac Newton's theoretical explanation that, given sufficient velocity and proper aim, a body would enter into orbit around the Earth. I am indebted to Jesco von Puttkamer for pointing out that Jules Verne introduced this concept in his book The Five Hundred Millions of the Begum published shortly after Hale's story (1879). "A projectile, animated with an initial speed twenty times superior to the actual speed, being ten thousand yards to the second, can never fall! This movement, combined with terrestrial attraction, destines it to revolve perpetually round our globe." In Kurd Lasswitz' Auf zwei Planeten (1897) an "outside station" is introduced, set up by the Martians one Earth radius above the North Pole. This station is not in orbit, however; it is stationary, held up by an antigravity field. In neither case is a true orbiting space station involved: Verne offered a satellite projectile but no station, whereas Lasswitz proposed a station, but it was not made to orbit the Earth.) Wrote the author: I have no objection now to telling the whole story. The subscribers, of course, have a right to know what became of their money. The astronomers may as well know all about it, before they announce any more asteroids with an enormous movement in declination. And experimenters on the longitude may as well know, so that they may act advisedly in attempting another brick moon or in refusing to do so.

Hale thought that once his Brick Moon had "cleared the forty or fifty miles of visible atmosphere," it would encounter little resistance, and would continue on in orbit forever. It was launched successfully, but prematurely, with construction workers and their families aboard.

Now let it fall... Let it fall, and the sooner the better! The curve it is now on will forever clear the world ...

will forever revolve, in its obedient orbit, the Brick Moon, the blessing of all seame, - as constant in all change as its older sister has been fickle, and the second cynosure of all lovers upon the waves, and of all girls left behind them.

Hermann Oberth, in his pioneering book Die Rakete zu den Planetenräumen², and in the expanded Wege zur Raumschiffahrt,³ suggested that orbital vehicles would be useful as communications links and refueling stations for spaceships and for observing the Earth and monitoring weather patterns. He wrote that if one were to place rockets "...around the Earth in a circle they will behave like a small moon. Such rockets no longer need to be designed for landing. Contact between them and the Earth can be maintained by means of smaller rockets so that the large ones ... can be rebuilt in orbit the better to suit their purpose. If the continuing state of apparent weightlessness should have undesirable consequences, which, however, I doubt, one could connect two such rockets by wire ropes a few kilometers long and make them rotate around each other." In⁴ he further expanded his ideas.

Other suggestions for Earth orbiting stations were made in 1928, by Baron Guido von Pirquet in the journal Die Rakete and in Ley's Die Möglichkeit der Weltraumfahrt⁵, and Hermann Noordung (an alias for an Austrian Imperial Army Captain named Potocnik), author of the book Das Problem der Befahrung des Weltraums.⁶ Von Pirquet proposed that three stations be established, one in a 100-minute orbit to observe the Earth below, one in a 150-minute elliptical orbit intersecting both the orbit of the lower station and that of a third, outer station which was to be placed in a 200-minute orbit to serve as a launch platform for interplanetary spaceships. Noordung, in a more detailed study, offered a three-element station consisting of the "Wohnrad" crew module, a power generating

module and an observatory. The "Wohnrad" was shaped like a doughnut, had a 15-meter radius, and was designed to rotate around a central hub to create artificial gravity on the perimeter. The station was to be placed in a 24-hour orbit which Noordung felt would facilitate observation of the Earth with the powerful optical equipment he planned for the station.

Noordung's suggestions for what today we would call an Earth resources space station, have a surprisingly modern ring. From his observatory in space, he predicted it ... would be possible to perceive optical signals sent from the Earth by the simplest means, thus keeping exploring expeditions in touch with their native lands at all times. Unexplored lands could be investigated, their terrain determined, general conclusions reached about their population and their accessibility. Valuable preliminary work therefore could be done for expeditions planned, and even photographic detail maps could be furnished for new lands to be visited.

This indicates that cartography would rest on an absolutely new basis; for by means of telephotography not only could entire countries and even continents be mapped from the observatory (a task requiring otherwise many years and corresponding amounts of money), but also detail maps on any scale could be made, not surpassed in exactness even by the most scientific work of surveyors and mappers. To the latter would remain only the task of putting in contours. Above all, the still little-known regions of the earth, such as Central Africa, Tibet, Northern Siberia, the Polar regions, etc., could be mapped very exactly without much trouble.

Furthermore, important sailing routes could be kept under observation (at least by day, cloud conditions permitting) to be able to warn the ships in time about dangers such as floating icebergs, approaching storms, etc., or to announce immediately shipwrecks which had already taken place.

Since, from the observatory, the cloud movements of more than a third of the Earth can be seen at one time, while cosmic observations not possible from the Earth can be undertaken at the same time, entirely new bases for weather prediction might result.

By no means of least importance, is the strategic value of such possibilities of distant observation. Spread out like the map of a war game, there would lie before the eyes of the observer in the spatial station the entire battlefield and its approaches. Even with most careful avoiding of any movement by day the enemy would hardly succeed in hiding his plans from such "Argus eyes."

Since the suggestions of Oberth, Von Pirquet, and Noordung for observation and scientific stations in space, there have been numerous other proposals. J.D.Bernal, in his The World, the Flesh and the Devil,⁷ looked to the day when man would build permanent homes in space:

At first space navigators, and then scientists whose observations would be best conducted outside the earth, and then finally those who for any reason were dissatisfied with earthly conditions would come to inhabit (extraterrestrial) bases. Even with our present primitive knowledge we can plan out such a celestial station in considerable detail.

The shape of Bernal's station was spherical and its size was 15 kilometers or so in diameter! He did not plan on providing artificial gravity to the structure, predicting "there is no reason to suppose that we would not ultimately adjust ourselves (to weightlessness)." He preferred to establish a number of stations in orbit around the Sun, from where they could conduct observations of the inner Solar System.

From 1930 until after World War II, few other original space station ideas were forthcoming as attention was increasingly focused first on the development of rocket engi-

nes and later on military guided ballistic and aerodynamic missiles. Then, in 1949, H.E. Ross published an article on his proposed large, rotating station to be used for meteorological and astronomical research studies or zero-gravity and high vacuum physics, cosmic and solar radiation investigations, and communications.⁸ Two years later, Wernher von Braun designed a 61-meter, wheel-shaped station in a 1,760-kilometer high orbit primarily for use as an Earth observation platform.⁹ He wrote that... A person observing the earth from up there would have a unique view of cloud formation on earth, particularly above the oceans. This offers novel possibilities for weather forecasting. By using high-powered telescopes, you may observe ships crossing the oceans and you may flash iceberg warnings to endangered ships. And, believe it or not, magnification factors could be used that would enable you to see people moving around on the earth's surface. This is because the atmospheric disturbances, when looking from outer space through the earth's atmosphere, are much less serious than those affecting astronomical observations from telescopes mounted on the bottom of the atmospheric shell. If we turn such a satellite telescope to the outer reaches of the universe, the planets and the stars, we shall find observation conditions which no terrestrial observatory could equal.

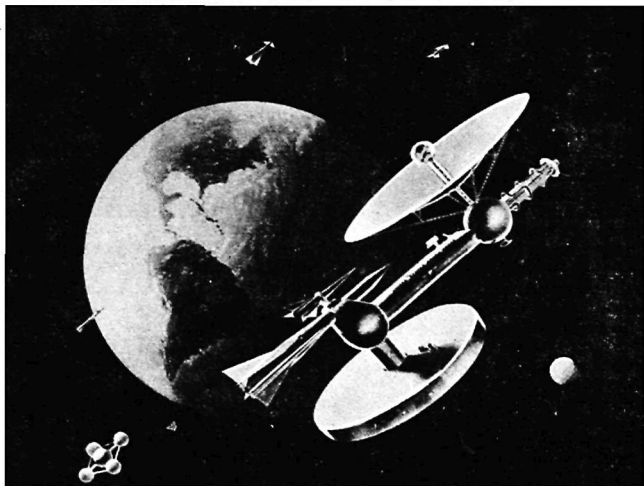
In the same year, Heinz Hermann KÖlle presented his "Ausstation" concept, consisting of a ring made up of 36 spheres, nearly 5 meters in diameter, connected to a central hub by eight supporting tubes, four with elevator shafts.¹⁰ The station would house up to 65 scientists and engineers and would weight 150 metric tons. Among its purposes would be weather observation, forecasting, and control; physical research on the behaviour of solids, liquids and gases in space;



1. Inflatable space station design of the late 1950's and one man "bottle suits" conceived by Wernher von Braun for servicing and other activities. Courtesy C.C.Adams.

biological studies of plants under zero and low-gravity conditions; navigational aid; Earth observation; communications relay; and intermediate assembly, refueling, and navigational station for lunar and planetary exploration craft.

By the late 1940s, and into the mid 1950 decade, man began to think both in terms of larger manned space stations, and minimal-size unmanned satellites. In 1952, for example, von Braun's original 61-meter-diameter wheel station was up to almost 330 meters^{11,12} and in 1955 Krafft A.Ehrlicke published¹³ a detailed analysis of the uses of space stations in his "Analysis of Orbital Systems". His station consisted of a central hub and two extensions housing working and living quarters. One third Earth gravity was achieved by rotating the station at 2.185 rpm. Darrell C.Romick then introduced his Meteor design - a 900-meter long, 330-meter-die-



2. Solar-powered space station used for astronomical observations, communications, relay activities in connection with deep space missions, etc. Concept developed by The Martin Company in the late 1950's, with tubular center section serving as laboratory and the wheel-disc housing the crew. Courtesy Arfor Picture Archives.

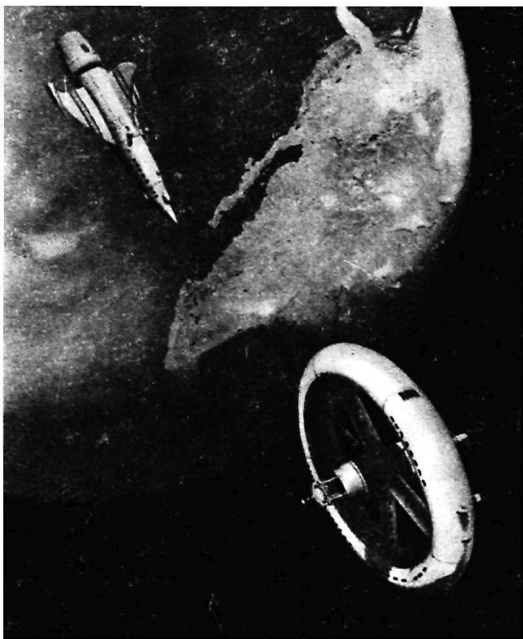
meter cylindrical terminal attached to a wheel 460 meters in diameter and over 12 meters thick.¹⁴ At the same time, however, it had become clear that much research could be undertaken in space in small spacecraft without man aboard -- atmospheric sounding rocketry and spectacular advances in remote telemetry had demonstrated that. Moreover, large carrier rockets capable of orbiting space station elements were still many years in the future. Accordingly, in 1949 E. Burgess published an article on "The Establishment and Use of Artificial Satellites",¹⁵ and in 1951, K.W. Gatland, A.M. Kunesch and A.E. Dixon in England presented a study entitled

"Minimum Satellite Vehicles" at the Second International Congress on Astronautics in London.*¹⁶ Two years later, at the fourth congress, the American physicist S.Fred Singer offered his small MOUSE satellite, an acronym derived from Minimum Orbital Unmanned Satellite, Expendable (later, he changed this word to Earth)¹⁷. Weighing but 45 kilograms, it was to carry its instrumentation to measure solar cosmic radiations and magnetic fields in space. Singer concluded his proposal with the sage observation that in order to progress, one ... must be ready to justify a project even if the satellite is very small and minimal. Only in this way can we make use of the opportunities which the next few years may offer for such a project. If we can plan for this minimum satellite, the MOUSE, we may be launching it sooner than we now think possible.

Interest in small satellites continued. In 1954, W. von Braun prepared a report on "A Minimum Satellite Vehicle Based on Components Available from the Missile Development of the Army Ordnance Corps";** and, in August 1955, H.E.Canney and F.I.Orday presented a long survey on "The Uses of Artificial Satellite Vehicle" to the Sixth International Congress on Astronautics meeting in Copenhagen, Denmark.¹⁸ They emphasized that "...scientific knowledge can be given a tremendous impetus following the establishment of even a small, unmanned satellite, and that lifetimes are such as to justify the existence of close orbit minimum vehicles." These and other proposals in the Soviet Union led to Russia's Sputnik I,

* Classified studies had been made even earlier. In 1946, the Rand Corporation of Santa Monica, California, published a report entitled "Preliminary Design of an Experimental World-Circling Spaceship".

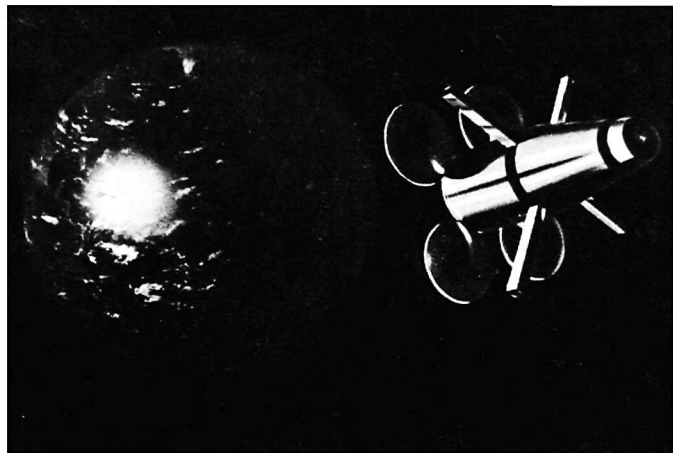
** Internal Army report.



3. Space station 3,000 miles high according to a 1958 Aerojet-General design, with nuclear Mars-bound rocket lower left. Courtesy Arfor Picture Archives.

launched on 4 October 1957, and America's Explorer I satellite orbited in early 1958. Since the early Sputniks, Explorers, and Vanguard's, spectacular progress with instrumented unmanned satellites has permitted many observational functions to be undertaken from space.

Despite the successes of unmanned satellites, space station studies continued. In 1960, at a symposium devoted entirely to space stations in Los Angeles,¹⁹ a temporary but realistic trend began towards studies of small and intermediate size space stations, and such less imposing names as orbital laboratories and later orbital workshops evolved.



4. A 50-inch orbiting space station/telescope according to a 1959 design developed by former Army Ballistic Missile Agency. Courtesy Arfor Picture Archives.

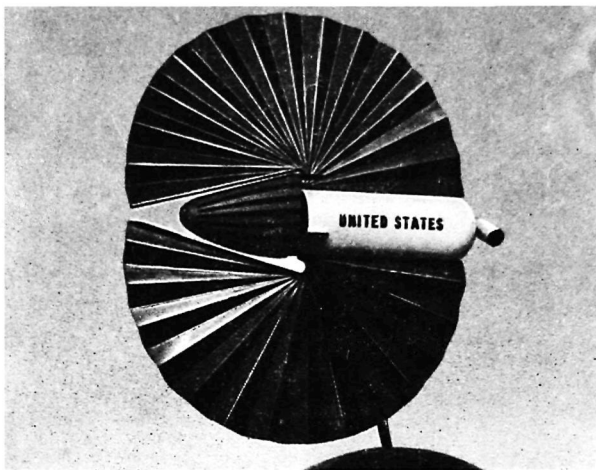
Typical of the new approach was the Stoiko-Kayten-Dorsey MSOL, a Manned Scientific Orbital Laboratory whose four to six man crew was to rotate, or be resupplied every three or four weeks by rendezvous vehicles. (A small, self-contained reentry craft was carried on board the MSOL to return the crew to Earth.) The authors divided the studies to be made geophysical, chemical and physical, biological, and medical and human factors. It was one of many efforts that led to the now defunct Air Force Manned Orbital Laboratory, or MOL, program, which was placed in full development in August 1965 only to be cancelled in June 1969, after falling two years behind schedule.

In 1963, NASA envisioned a similar space laboratory and asked industry to propose configurations capable of sustaining a four-man crew up to one year in space, with crew rota-

tion occurring every 90 days. The Douglas Aircraft and Boeing companies were selected to provide preliminary designs. Concepts grew from a four to a six-man Manned Orbital Space Station (MOSS) to a 24 to 36-man Large Orbital Research Laboratory (LORL). An intermediate step was the MORL (Manned Orbital Research Laboratory) with a six to nine-man crew and a useful lifetime of at least five years. Its two, independently pressurized compartments would be connected by an airlock. The larger compartment would contain (1) a control deck from which most of the experiments would be conducted, (2) an internal centrifuge, and (3) flight crew quarters. The smaller compartment would be a hangar test area for cargo transfer, logistics, spacecraft maintenance, etc. Still another concept was proposed by Lockheed. Known as the Multipurpose Space Station, it consisted of three modules, a hangar, and a zero-gravity laboratory. By rotating the entire structure at 4 rpm, a 0.4 g gravity sensation would be felt at the end of the arms. The MSS was designed for 36 men. Design work by these and other companies and by NASA itself continued into the mid and late 1960s. Typical studies are summarized in Table I.

In 1967, NASA contracted with the Planning Research Corporation for a study of the economic benefits and implications of space station operations with emphasis on such "Earth-oriented" areas as natural resources, meteorology, agriculture, forestry, oceanography, and fisheries. The study was coordinated with many agencies of the US government, ranging from the Department of Agriculture to the US Navy Oceanographic Project. In 1968, a three-volume report was published.

It is observed that even though Earth orbital requirements are fairly firmly established, a variety of space station configurations, weights, and internal arrangements can



5. Stellab space station with large solar array. Concept developed in late 1950's by Chanee Vought. Courtesy Arfor Picture Archives.

result. From the mid 1960s an interesting cycle occurred: in 1966, nine-man stations were investigated; by mid 1968, the number of men was reduced to three. Then, in the early autumn of 1969, attention was focused on a 12-man integral station. This was followed, beginning in 1970, by smaller, modular elements which could be attached to a core station or could orbit by themselves in a "free-flying" mode. General surveys of space stations, their utility and their history through the 1960s can be found in such works as²⁰ through.³⁰ Reference³¹ contains a three-page list of key sources for industrial studies of the space station designs listed in Table I and other concepts. Other sources are³² through.³⁴

NASA-sponsored space station studies being carried out in the 1970s evolved from two basic investigations undertaken



6. An "all-in-one" space station being readied for launch, according to Army Ballistic Missile Agency concept of early 1960. Courtesy Arfor Picture Archives.

in 1968, one the Saturn 5 Workshop Study and the other the Intermediate Orbital Workshop Study. These, in turn, evolved from investigations conducted between 1963 and 1967 by industry, as noted in the bibliography. As a result of studies made through 1968, NASA decided to take into account a number of basic considerations in planning for its future space stations:

(1) insure flexibility by providing for modular growth, including replacement of modules and use of docked and free-flying modules,

(2) make the crew large enough to insure diversity of talents,

(3) provide adequate work space and support facilities, including equipment for repair and modification, comfortable crew quarters, and automated house-keeping,

(4) separate the experiment program development and schedule from those of the station itself,

(5) plan for a long lifetime station in order not only to amortize the investment but to provide for substantial advances in science and technology from orbital operations,

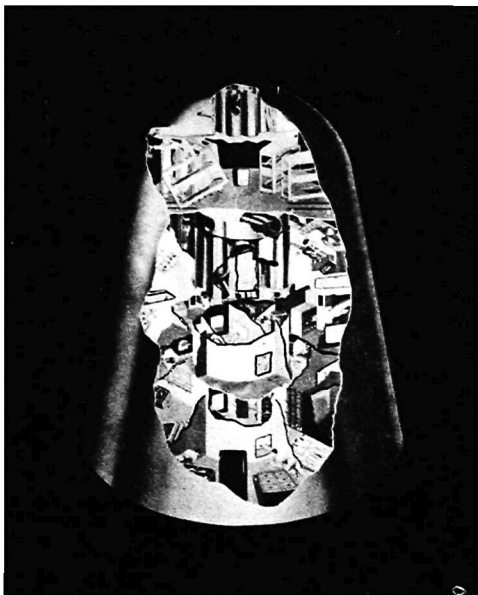
(6) provide for multidisciplinary activities in orbit,

(7) plan for maximum in-orbit capabilities, reducing to the extent possible ground operational costs,

(8) insure reliable, cost-effective, and frequent Earth-to-orbit support (shuttle).

Today, we find that four major factors are pacing the American approach to space stations: commonality requirements, the availability of money, Earth-to-orbit delivery system, and, of course, experience derived from the interior Skylab orbital workshop - often called an embryonic space station. Commonality simply means designing core and other modular elements so that they can perform alternate missions. As Huber and Cramblitt have pointed out, "...decoupling the experiment program from the space station, and modularity within the space station configuration itself (permitting growth as funding allows) appears to be the essential key to the definition of a program with the inherent flexibility to accommodate funding variables."

Recent American space station plans have been based in part on the Saturn 5 carrier, specifically the Int-21 two-stage derivative. It could handle a 10-meter diameter payload weighing up to 85,000 kilograms inserted into a 455-kilometer, 55-degree inclination orbit, or 87,000 kilograms to a 480-kilometer, 30-degree inclination orbit. Several 10-meter diameter baseline space station designs are based on



7. Close-up view of the crew quarters and laboratories in the 1960 ABMA design. Courtesy Arfor Picture Archives.

this capability; they would sustain twelve men, and would be operational for a decade. During 1970, two major contractual studies for Saturn Int-21 launched stations were completed, one by North American Rockwell and one by McDonnell Douglas. They dealt with the physical configuration, selection and sizing of subsystems, and definitions of how scientific and applications experiments would be undertaken.

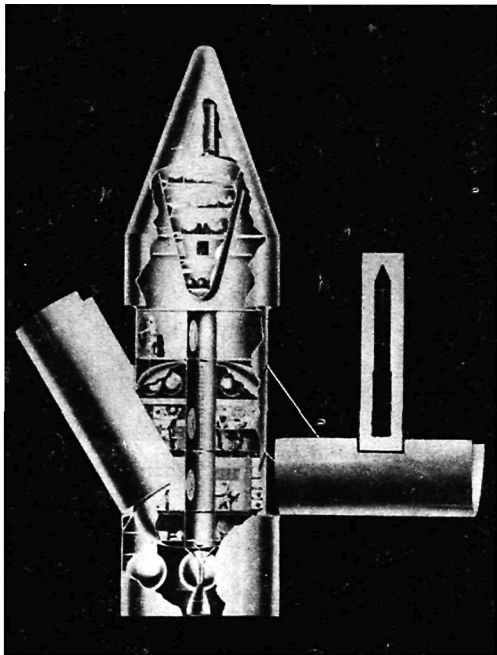
Housing a crew of twelve, the integral space station would have reserve sufficient to last for 180 days within which time it would have to be replenished by space shuttle flight. Both crew and cargo would be transported in a module carried by a shuttle; the same vehicle would bring down from

orbit returning crews, data accumulated during the course of space station research, and wastes. Seven docking ports would be provided.

The core module would be the basic element of the integral space station, consisting of an external 10-meter-diameter cylinder, an internal tunnel-forming cylinder 3 meters in diameter, and a toroidal closure at each end. According to one design, the core module would be divided into two sections connected by a skirt and tunnel section, an outer meteoroid bumper and radiation shell, etc. Each section would be divided into two decks containing general purpose laboratories and operations and crew quarters, as shown in the illustrations. Enhanced safety and opportunity to conduct repairs result from having two separate, pressurized sections connected by a common tunnel. Life support and control facilities would be incorporated in both sections so as to permit the space station mission to continue should one section have to be evacuated. Each section has two escape routes through the tunnel and through an airlock. Hatches are large enough to permit pressure-suited crewmen to pass through without difficulty.

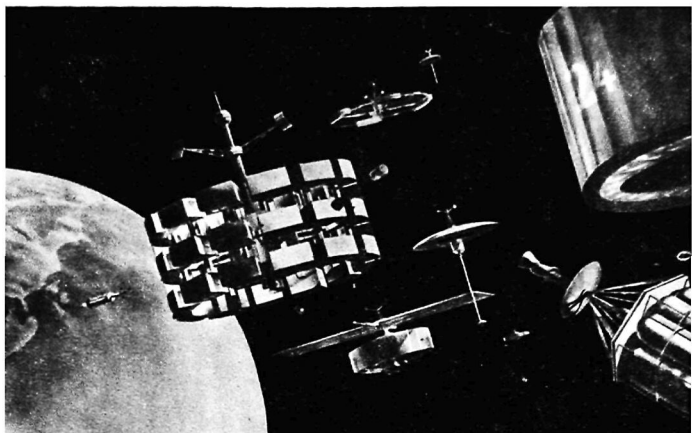
All experiments associated with the space station will not necessarily be conducted in it. Implicit in the design concept of the integral station is the existence of "free-flying" experiment modules, which from time to time would return to the station for servicing. Typical space station designs have been prepared showing¹ docked free-flying attached,² permanently attached experiment modules, and³ docked crew and cargo modules left by a space shuttle.

A significant change in space station design philosophy occurred as the practicability of the reusable launch vehicle began to take shape. First referred to as the aerospaceplane and the winged booster, the term space shuttle is now in vogue



8. Another ABMA space laboratory of the period. Courtesy Arfor Picture Archives.

In the United States, the National Aeronautics and Space Administration has funded several Phase A feasibility studies of the concept and two Phase B preliminary design and definition efforts. The Phase A work is being undertaken by a Grumman and Boeing team, by Chrysler, and by Lockheed. The Grumman/Boeing team is looking at two concepts - (1) a two-stage shuttle in which the orbiter stage carries its hydrogen fuel in external "drop" tanks, and (2) a two-stage shuttle with hydrogen carried internally. Chrysler is studying the SERV single-stage Earth orbital reusable vehicle concept, while



9. A larger "space village" with joined crew and other modules (see inset). Courtesy Arfor Picture Archives.

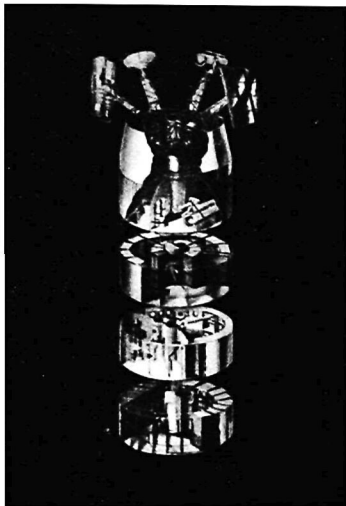
Lockheed is concentrating on a stage-and-a-half design with the reusable orbiter stage incorporating two large drop tanks.

Phase B Shuttle design and definition studies have given rise to winged orbiter and booster vehicles which are launched vertically and land horizontally. The McDonnell Douglas design consists of a booster with a highly swept, high wing mounted to the rear. Overall booster length is 82.5 meters and maximum span 50.5 meters. The North American Rockwell/General Dynamics booster has a delta-shaped wing attached at the bottom of the aft fuselage. Booster length is 82 meters, span 43.7 meters. Orbiter dimensions for the McDonnell Douglas design are: 53 meters (length) and 32.6 meters (span). The weights of the two designs for the easterly 28.5 degree inclination mission are listed in Table II.

Both designs will require 12 high-pressure booster and 2 orbiter rocket engines operating on liquid oxygen and liquid hydrogen rated at 249,500 kilograms of thrust at sea

10. By the late 1960's, Marshall Space Flight Center engineers and contractors had come up with the long-duration space station design.

Courtesy NASA-MSFC.



level. Space shuttle main engine Phase B studies are being made by three NASA contractors: Aerojet-General, North American Rockwell's Rocketdyne Division, and Pratt & Whitney's Florida Research and Development Center in accordance with the specifications listed in Table III.

The orbiter stage will be fitted additionally with two or three orbit maneuvering engines with a total thrust of 13,600 kilograms plus 29-31 attitude control propulsion system engines possessing vacuum thrusts between 725 and 950 kilograms. From 16 to 30 of these engines will also be carried by the booster stage.

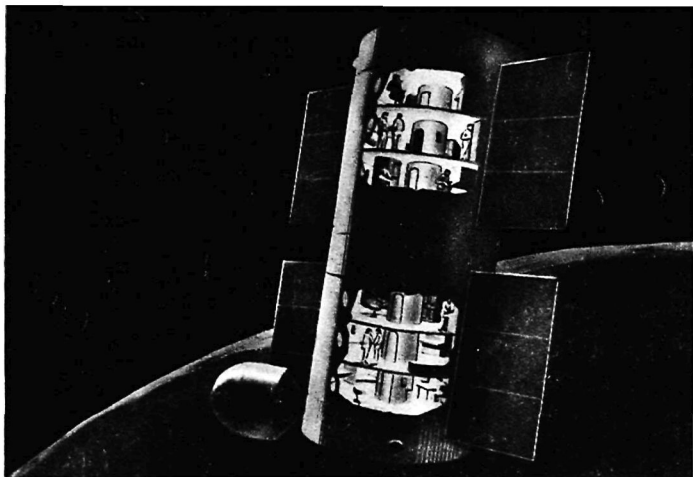
Both contractor Phase B designs incorporate ten augmented turbogfan airbreathing engines for the booster. A cross-range capability* of 2,000 kilometers is assumed. Some of

* Distance orbiter can fly to right or left of nominal ballistic reentry trajectory.

the specified design capabilities of the space shuttle are seen in Table IV.

By late 1970, space shuttle design studies had reached the point that it became feasible to consider the craft as the carrier of an alternate type of space station - or rather of individual modules which, once in orbit, would be assembled into a modular space station. Such a station offers inherent flexibility: modules would be orbited as needed, detached and placed in the "free-flying" mode if desired, and even returned to Earth for refurbishment. When attached, the modules would utilize space station subsystems for primary power and so on; but, when free-flying, they must rely on their own subsystems. Studies are being undertaken to determine how many shuttle launches will be necessary to establish a modular station housing six astronauts, and what effort would be needed to expand the habitability to twelve.

The modular space station would consist of (1) core modules for crew housing and life support functions and (2) research and application modules -- so-called RAMs -- containing the laboratory facilities. These RAMs would be operated (and powered) from the core modules. Typical free-flying research and application modules would conduct astronomical and Earth resources experiments which require a high degree of stability and pointing accuracy as well as freedom from contamination that may exist in the neighbourhood of a space station. Typical designs include a cross-arranged modular station proposed by NASA's Marshall Space Flight Center, and an alternate configuration preferred by the Manned Spacecraft Center in which all experiment modules are readily accessible from the central modules. Still another concept calls for a central, 6.6-meter diameter core module orbited by a Saturn 5 (Int 21) to which shuttle-launched experiment modules would be attached.

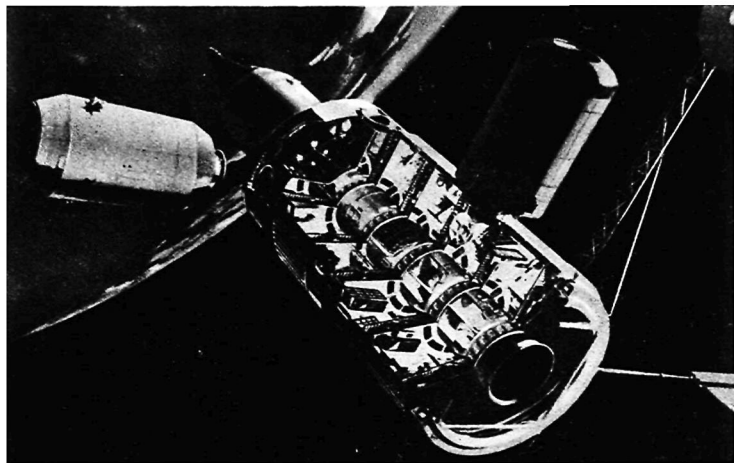


11. Take caption from rear. Courtesy NASA.

According to present designs, it is estimated that 17 flights would be necessary to create a modular station with a capability equal to that of the 12-man integral station. A distinct advantage of the modular approach is the possibility of returning individual modules to Earth via space shuttle for repair, refurbishment, modification, and improvement. A major drawback, however, is the necessity to establish interface connections with each module as far as environmental, power and data management subsystems are concerned.

Many benefits will result from space station research in such principal areas as astronomy, physics, chemistry, Earth observations, communications and navigation, materials science and manufacturing, technology, life sciences, and education. To conduct these experiments, the following crew skills will be required:

Biological Technician	Optical Scientist
Microbiological Technician	Meteorologist

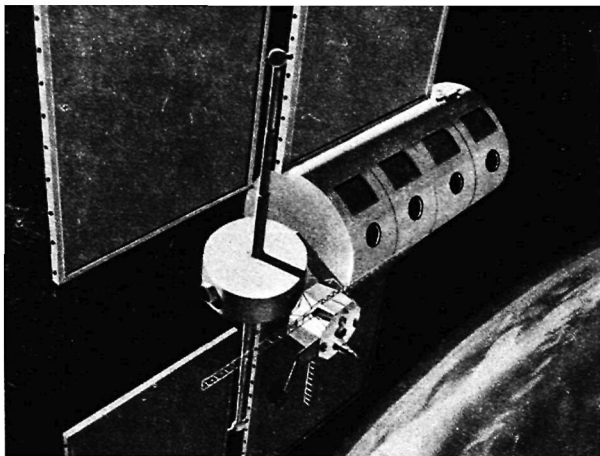


12. Take caption from rear. Courtesy NASA.

Biochemist	Microwave Specialist
Physiologist	Oceanographer
Astronomer/Astrophysicist	Physical Geologist
Physicist	Photo Geologist
Nuclear Physicist	Behavioral Scientist
Photo Technician/Cartographer	Chemical Technician
Thermodynamicist	Metallurgist
Electronic Engineer	Material Scientist
Mechanical Engineer	Physical Chemist
Electromechanical Technician	Agronomist
Medical Doctor	Geographer
Optical Technician	

Among the specific areas of astronomical investigation envisioned for a space station are:

(1) advanced stellar astronomy: improved observation of stellar objects, and build-up of experience that can be applied to a possible national astronomy space observatory

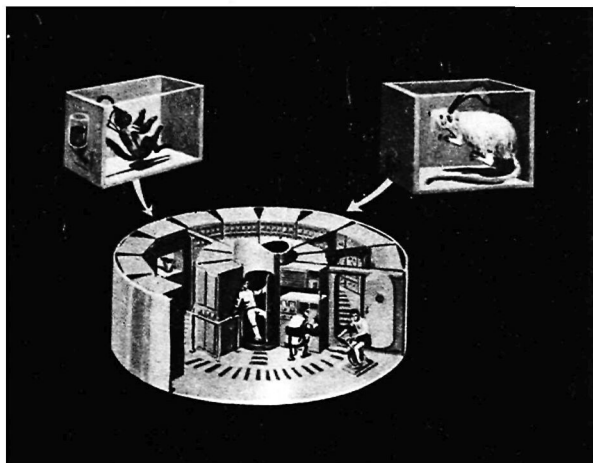


13. Various modules docked to the main space station or orbiting in a free-flying mode. Courtesy NASA.

- a) Earth resource module.
- b) Biology module.
- c) Astronomy module.
- d) Medical behavioral measurement module.

(2) X-ray stellar astronomy: identification and location of soft X-ray sources (1 to 100 angstrom spectral range); understanding of mechanisms responsible for X-rays; study of amount and distribution of energy associated with X-ray sources; and determination of angular size of X-ray sources

(3) advanced solar astronomy: continuity of observations; study of solar granular structure and incipient flare activity; monitoring of coronal activity; acquisition of data on "man-optimization" of solar observations from space; and development of techniques to lead to a long-life solar information acquisition facility



(4) ultraviolet observations: wide-field surveys to yield UV maps and UV luminosity distribution of celestial sphere; and narrow-field survey of spectral images of galactic emissions, star clusters, planetary nebulae

(5) high-energy stellar astronomy: simultaneous measurements of flux, direction, spectral distribution, and polarization of individual sources; angular dimension, intensity and location of selected X-ray and gamma-ray sources

(6) infrared astronomy: distribution and location of IR sources; determination of their brightnesses; correlation characteristics of IR spectra compared with X-ray spectra; study of cool stars, protostars, galactic objects, galactic center, extragalactic sources, quasistellar objects, and Seyfert galaxies.

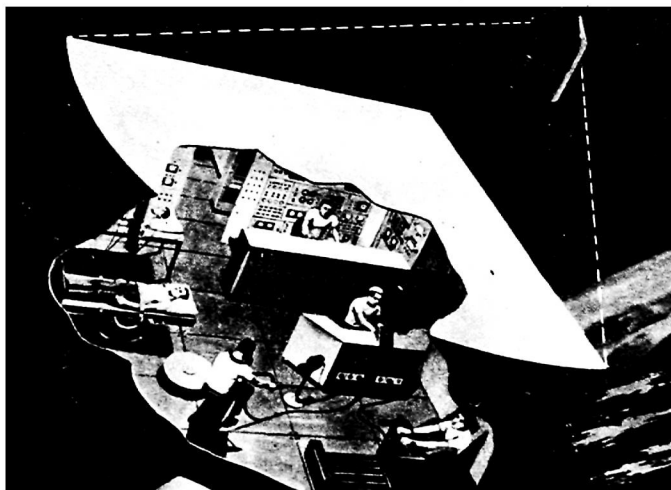
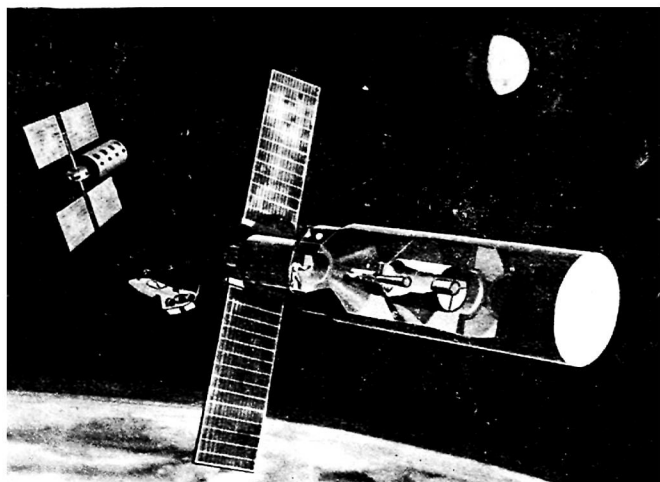
As for physics,* a number of laboratories have been proposed. In a space physics research laboratory, for example, experiments would be conducted on atmospheric and magnetospheric sciences,

ometry physics, and meteoroid science - the latter concentrating on the study of trajectories, mass, velocity, and composition. In a plasma physics and environmental perturbation laboratory, studies would be conducted of such phenomena as plasma wakes around orbital bodies and electron and ion beam propagation. Other laboratories would deal with cosmic ray physics and basic physics and chemistry, the latter taking advantage of the unique conditions of space to conduct experiments in the areas noted in Table V.

Experiments to be conducted in an Earth observations facility include defining the Earth's geometry, surface characteristics, and dynamic body properties; studying the physics of the atmosphere, weather forecasting, and the basis for weather modification and control; and managing Earth resources and the environment. The goals of a communications/navigation research facility are to serve international requirements for communications between ground, ocean, airborne and space terminals, and to improve ground, ocean, air and space vehicle navigation and traffic control.

Space stations will be ideally suited to advance studies of material science and manufacturing in the space environment, with the aim of defining prospects for processing materials and products in space, hopefully leading to commercially feasible enterprises. Individual experiments in five areas are proposed: metallurgical processes; crystal growth; glass processes; biological processes; and physical processes in fluids.

Many other studies can be conducted in space stations, ranging from the light-scattering effects of external contaminants on optical sensors to methods of assembling large structures in space. The life sciences will by no means be neglected; and, a number of facilities and activities have been proposed including basic medical research, vertebrate research, plant research, cells and tissue research, invertebrate research, and man-sys-





14. Module space station. Courtesy NASA.

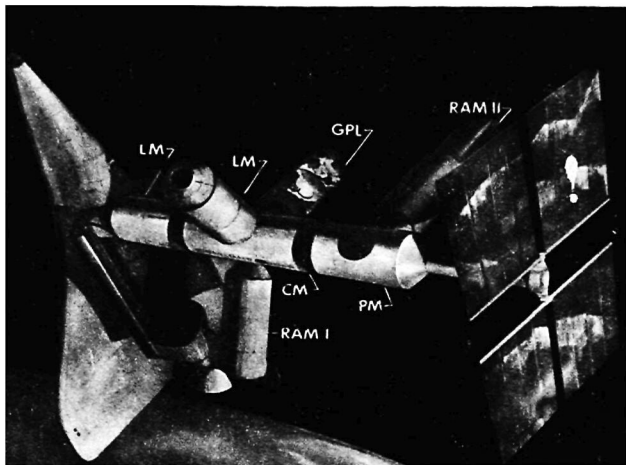
tem integration. Taking a single example, the proposed program for the vertebrate research facility includes:

(1) understanding role of gravity in life process, and capability of living organisms to adapt to gravitation changes

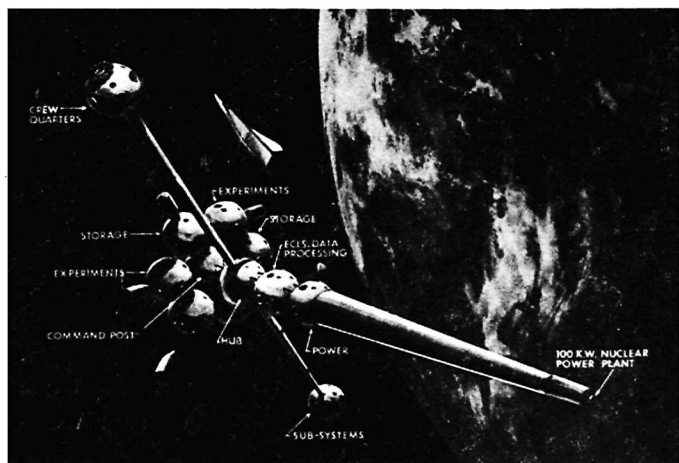
(2) understanding role of time in biology, including effects of time-varying environmental parameters on biological rhythms and aging

(3) determination of how to utilize space science and technology to advance medicine, biology, public health, agriculture, and space exploration itself. It is even considered feasible to develop weightless-adapted strains of animals to aid in the study of adaptive processes.

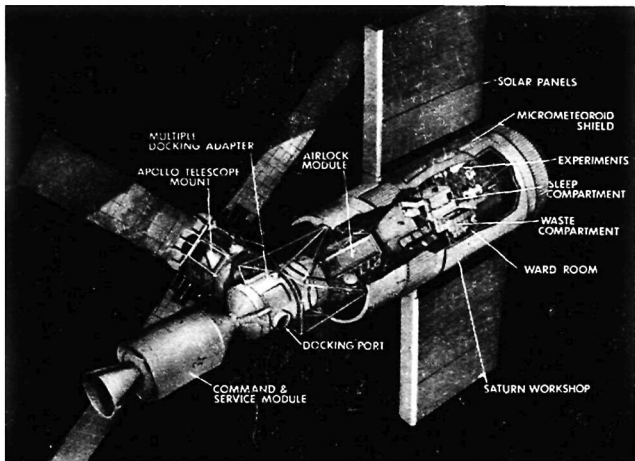
As for education, it is hoped that direct broadcasts from space stations into many school systems can be arranged, preceded and followed by preparatory and analytical support programs. These would include explanatory lectures with films, filmstrips, slides, models, and the like.



15. Modular space station with space shuttle orbital stage attached. (PM - Power Module; CM - Crew Module; RAM I - Earth Observation; RAM II - Astronomy; GPL - General Purpose Lab; and LM - Logistic Module). Courtesy NASA - MSFC.



16. 50-man space station anticipated for the 1980's. Courtesy NASA-MSFC.



17. The Skylab orbital laboratory and other clustered elements. Courtesy NASA.

References³⁵ through³⁸ cover typical US space station program activities in the 1970s. Space station indices are available through NASA listing all documents available in the Space Station Repository. Useful year-by-year summaries are found in such sources as³⁹. A recent review of the Skylab embryonic space station program is found in⁴⁰.

TABLE I

U. S. SPACE STATION STUDIES IN THE 1960 DECADE

Designation	Years of Study	Nominal Altitude, km	Inclination, deg	Crew Size	Diameter, m	Length, m	Weight, Kg (k)	Figure Ident. No.
Manned Orbital Research Laboratory (MORL)	1963-1966	300	50	6-9	6.6	13.4	14.5	1
Large Orbital Research Laboratory (LORL)	1964	480	29.5	24-36	10 (hub) 3 (spokes)	37.5	107	2
Apollo Extension Systems Multi-purpose Missile Module	1964-1965	Multi-orbit	Multi-inclination	3-9	4.64	2.6	1.7 (lab module) + 2.5 (rack subsystems)	3
Manned Five-year Space Station	1966	370 500	50-90 28.5	9	6.6	27.4	54.2	4
Earth Orbiting Space Station (EOSS)	1966	480	50-70	9	6.6 (elements)	38.4	75	5
Basic Subsystems Module (BSM)	1967	480	70	6-9	4.64	31	22.65	6

TABLE I (Cont'd)

Designation	Years of Study	Nominal Altitude, km	Inclination, deg	Crew Size	Diameter, m	Length, m	Weight, Kg (k)	Figure Ident. No.
Early Orbital Space Station	1967	480	50	3-6	6.6	24.4	68	7
Saturn 5 Single-launch Space Station (Common Module)	1967	480	50	8	6.6	23.2	75	8
Saturn 5 Single-launch Space Station	1967	480	50-65	6	10	15.25	75	9
Saturn 5 (3-2) Workshop	1968	500	50	3-6	6.6	24.4	91	10
Intermediate Space Station	1968	500	50	3	4.57	15.9	28.1	11
Three-man Intermediate Orbital Workshop	1968	500	50	3	6.6	13.4	27.1	12
Six-man Intermediate Orbital Workshop (Cluster Buildup)	1968	500	50	6-9	6.6	2 x 13.4	56.5	13
Six-man Intermediate Orbital Workshop	1968	500	50	6	6.6	15.9	39	14
B-O Orbital Workshop - Minimum Module Concept	1968	430	50	3	6.6	28.8	36.4	15
MDAC Integral	1969	500	50	12	10	15.9	> 55	Separate

TABLE II
WEIGHTS OF TWO SHUTTLE DESIGNS

	<u>McDonnell Douglas</u>	<u>North American Rockwell/General Dynamics</u>
Gross Weight, Kilograms	2,103,000	2,274,000
Booster, Kilograms	1,714,000	1,829,000
Orbiter, Kilograms	390,000	375,000

TABLE III
SHUTTLE ENGINE SPECIFICATIONS

Booster thrust, sea level, kilograms	249,500 ± 4,500
Booster thrust, vacuum, kilograms	274,000 ± 4,500
Orbiter thrust, vacuum, kilograms	286,000 ± 4,500
Booster specific impulse, sea level, seconds	400 ± 3
Booster specific impulse, vacuum, seconds	439 ± 3
Orbiter specific impulse, vacuum, seconds	539 ± 3
Engine power levels	
Nominal	100% thrust
Minimum	50% thrust
Emergency*	109% thrust
Gimbal capability (from engine centerline)	
Booster	± 11 deg
Orbiter	± 8 deg

* Permits vehicle to complete mission with one booster engine out.

TABLE IV
TARGET DESIGN CAPABILITIES OF SPACE SHUTTLE

Payload:	30,000 kilograms into easterly 28.5 deg inclination, 185-kilometer orbit 18,000 kilograms into polar orbit at 185-kilometer altitude 11,500 kilograms into a 500-kilometer orbit inclined at 55 deg (space station resupply reference orbit)
Size of Cargo Bay:	18.3 meters long, 4.57 meters in diameter
Minimum Number of Flights:	100
Landing Constraints:	3,050-meter standard runway

The contributions of the German rocket development group at Peenemünde to the development of the space station concept is not well documented. Nevertheless, it is known that Wernher von Braun and members of his scientific and engineering team looked into the feasibility of one day establishing a large station in orbit around the Earth. Robert B. Staver, a key figure in American scientific and technical exploitation efforts conducted in Germany during 1945, prepared a report on "The Liquid Jet-Propulsion Program of the German Ordnance Department" on 17 December 1945. In this typewritten, unpublished report, he wrote that the "German scientists and engineers responsible for the rocket developments ... speculated over ... future possibilities ... They know as well as anyone else who has seriously studied the general aspects of the field of jet-propulsion, that men will some day travel in and out of the earth's atmosphere at will, that artificial satellites will be constructed in space circling about the earth to be used as scientific laboratories and as departure stations for travel into outer space, and that travel from these stations to the moon will be a simple matter utilizing much less energy than was required to reach the space station from the earth's surface. As already mentioned, the first object of constructing such a station would be for purposes of scientific observation and study. The possibility has been suggested that a large reflector might be built in space to focus the sun's rays on the earth to light up cities at night and possibly for power generating purposes. The latter appears difficult as the image of the sun reflected on the earth by a mirror in space can be of no smaller diameter than $(0.00934) r$, 'r' being the distance of the mirror from the earth's surface. At one radius distance, the minimum diameter of the image would be approximately 37.4 miles. This presents no impossibility for the long range future of perhaps 100-200 years though its utility for power derivation may be very low

with the probable advent of abundant nuclear energy sources. However, such reflectors might find use for purposes of weather control, to divert the course of a hurricane or possibly to bring moisture to areas that need it. Also, such a reflector might find military application. In summer, a square meter of the earth's surface normal to the sun receives about $12\frac{1}{2}$ - 14 thousand calories per minute, or $1\frac{1}{4}$ horsepower. If this were doubled by the use of a space reflector of about $37\frac{1}{2}$ miles diameter, a city like Washington or Detroit could certainly become unbearable.

"The early space stations would probably take a form ...[of] a wheel of 50 meters diameter which, if revolving at 38 revolutions per minute, would exert a normal centrifugal acceleration on the occupants equivalent to that of gravity. The design is such that the outer extremities of the wheel hub remain stationary, only the wheel, its spoke, and central section of the hub revolving. A reflecting type power plant is located on one hub extremity. The black ball is the steam generator while the condenser is a black radiating irregular surface below the ball, its sunny side being shaded by a reflector. The ball would tend to reach a temperature of over 200°C while the radiating condenser surface would tend to reach a temperature of about -200 to -250°C . On the opposite side of the hub is attached a sphere which can, through a magnetic grip, rotate in any direction to permit celestial and terrestrial observation. There would be no apparent gravity in this sphere. When locked in normal position, this sphere might also serve to receive rocket craft.

"The air and water conditioning plant is a most important part of this station. Some liquid oxygen could be brought in by rocket which might be the best solution to maintaining the proper oxygen supply. One cubic foot of liquid oxygen can supply sufficient oxygen for 4,500 cubic feet of normal air. The carbon dioxide and water vapor would be brought back through the centrifugal floor ventilator to the air conditioner where the water would be liquefied and

the carbon dioxide made to liberate its oxygen or frozen to be discarded. All refuse would be dehydrated, the dehydrate being purified for re-consumption. The economy of the system must be as self-sufficient as possible. The first space stations will probably be made out of sections of rockets themselves, the persons going up in one rocket returning in a second. This method would provide the greatest economy for transport of materials. As the space stations increased in size they would develop their own gravity, although it would be extremely small compared to that of the earth. Yet it would influence all bodies in their immediate system.

"The final purpose of this station would be to serve as a departure point for outer space travel ... one sees that if one leaves from a space station located at only two diameters above the earth, one only needs to achieve a velocity relative to this station of 5% of the equivalent velocity needed to reach this station from the earth, to find himself flying out into space. This incremental velocity would be less than 1800 ft/sec. This serves to illustrate that after one once attains a usable space station, very little energy is needed, relatively speaking, to go to the moon which is located about 60 radii from the earth, or only 12 times as far out as our assumed space station. If one should accelerate away from the space station so as to quickly reach a velocity (which would be less than the critical velocity) and direction which would determine an orbit passing near the moon, on completion of the orbit one would find himself back at his starting point where if he decelerated equally in direction and amount to his previous acceleration, he would find himself in the immediate vicinity of the space station and rotating at the same speed. This would require exact timing so as to intercept the space station in its orbit. Return to the station from there would be an easy matter. If one's calculations were sufficiently exact, he could pass within a few miles of the moon's surface as no atmosphere is known to exist on this body."

1. Hele, Edward Everett, "The Brick Moon", Atlantic Monthly, Vol.24, October, November, and December 1869, and Vol.25, February 1870. Also, collected in His Level Best and Other Stories. Boston, 1873: James R.Osgood and Co.
2. Oberth, Hermann, Die Rakete zu den Planetenräumen. Munich, 1923: R.Oldenbourg.
3. Oberth, Hermann, Wege zur Raumschiffahrt. Munich, 1929: R.Oldenbourg.
4. Oberth, Hermann, Man Into Space. New York, 1957: Harper.
5. Von Pirouet, Guido, series of articles in Die Rakete beginning in 15 May 1928 issue and carrying through 15 April 1929 on monthly basis. See also his Die ungangbaren Wege zur Realisierung der Weltraumschiffahrt, in Die Möglichkeit der Weltraumfahrt, ed. by Willy Ley. Leipzig, 1928: Verlag von Hachmeister & Thal.
6. Noordung, Hermann, Das Problem der Befahrung des Weltraums - Der Raketen-Motor. Berlin, 1929: Richard Carl Schmidt & Co. (Sections of the book were translated by Francis M.Currier and published as "The Problems of Space Travel" in three parts in Science Wonder Stories 1, Nos. 2,3 and 4, July, August and September 1929).
7. Bemal, J.D., The World, the Flesh and the Devil. London, 1929: Kegan Paul, Trench and Trubner.
8. Ross, H.E., "Orbital Bases", Journal of the British Interplanetary Society 26, 8, No.1 (January 1949), 1.
9. Von Braun, Wernher, "Multi-stage Rockets and Artificial Satellites", in Space Medicine, ed.by John P.Marburger. Urbana, 1951: Univ. of Illinois Press.
10. Kölle, Heinz Hermann, "Der Einfluss der Konstruktiven Gestaltung der Aussenstation auf die Gesamtkosten des Projektes", Stuttgart, 1951: Gesellschaft für Weltraumforschung, Forschungsreihe-Bericht No.9.

11. Von Braun, Wemher, "The Early Steps in the Realization of the Space Station", in Proceedings, Second Symposium on Space Travel. New York, 1952: The Hayden Planetarium.
12. Von Braun, Wember, "Prelude to Space Travel", in Across the Space Frontier, Cornelius Ryan, ed. New York, 1952: The Viking Press, p.12.
13. Ehricke, Krafft A., "Analysis of Orbital Systems", Bericht Über den V. Internationalen Astronautischen Kongress, ed. F.Hecht. Vienna, 1955: Springer-Verlag, 18.
14. Romick, Darrell, "Concept for Meteor - A Manned Earth-Satellite Terminal Evolving from Earth-to-Orbit Ferry Rockets", in Rendiconti del VII Congresso Internazionale Astronautico. Rome, 1956: Stabilimento Fotomeccanico del Ministero Difesa-Aeronautica/Associazione Italiana Razzi, 335.
15. Burgess, Eric, "The Establishment and Use of Artificial Satellites", Aeronautics 21 (1949), 70.
16. Gatland, K.W., A.M.Kunesch and A.E.Dixon, "Minimum Satellite Vehicles", in the Artificial Satellite, L.J.Carter, ed., London, 1951: British Interplanetary Society, p.55.
17. Singer, S.F., "A Minimum Orbital Instrumented Satellite - Now", in Space-Flight Problems. Biel-Bienne (Switzerland). 1955: Laubscher & Cie. Also Journal of the British Interplanetary Society 13, No.2 (March 1954), 74.
18. Canney, H.E., Jr. and F.I.Ordway, III, "The Uses of Artificial Satellite Vehicles", Astronautica Acta 2, Fasc.4, 1956, 147-174; and 3, Fasc.1, 1957, 1-15.
19. Proceedings of the Manned Space Stations Symposium, Institute of the Aeronautical Sciences, New York, 1960.
20. Massey, John W., Historical Resume of Manned Space Stations. Huntsville, Alabama 1960: Army Ballistic Missile Agency Report DSP-TM-9-60.

21. Von Braun, Wernher and Frederick I. Ordway, III, History of Rocketry and Space Travel. New York, 1969: Thomas Y. Crowell Co. (Second Edition).
22. Ley, Willy, Rockets, Missiles and Man in Space. New York, 1969: Viking Press.
23. Ordway, Frederick I., James Patrick Gardner, and Mitchell R. Sharpe, Jr., Basic Astronautics: An Introduction to Space Science, Engineering, and Medicine. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1962.
24. Ordway, Frederick I., III, James Patrick Gardner, Mitchell R. Sharpe, Jr., and Ronald C. Wakeford, Applied Astronautics: An Introduction to Space Flight. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1963.
25. Ehricke Krafft A., "Orbital Operations", Advances in Space Science and Technology - Volume 5, ed. F.I. Ordway. New York, 1963: Academic Press.
26. Gerathewohl, Siegfried J., "Development of Manned Artificial Satellites and Space Stations", Advances in Space Science and Technology - Volume 4, ed. F.I. Ordway. New York, 1962: Academic Press.
27. Ruppe, Harry O., "Astronautics: An Outline of Utility", Advances in Space Science and Technology - Volume 10, ed. F.I. Ordway. New York, 1970: Academic Press.
28. Ordway, Frederick I., Carsbie C. Adams, Mitchell R. Sharpe, Dividends from Space, New York, 1971: Thos. Y. Crowell.
29. Von Braun, Wernher and Frederick I. Ordway, "Launch Vehicles and Spacecraft", Encyclopaedia Britannica (in press).
30. Tiesenhausen, Georg von and T.H. Sharpe, "Space Station Evolution", Technical Memorandum X-53973 (30 June 1970). Huntsville, Ala., NASA - George C. Marshall Space Flight Center.
31. Lord, Douglas R., Robert L. Lohman, and Robert E. Lovelett, "Space Stations", Advances in the Astronautical Sciences -

- Volume 27, ed. Lewis Larmore and Robert L.Gervais. Tarzana, Calif., 1970: AAS Publications Office.
32. Tiesenhausen, Georg von, "Studies Program Symposium". Report SP-190-D (1 June 1965). NASA - Kennedy Space Center. Florida.
 33. Gramblit, E.D. and W.Thompson, "Description and Evaluation of Alternate Space Station Concepts", Memorandum Report PD-SA-0-70-30 (15 May 1970). Huntsville, Ala.: NASA -- George C.Marshall Space Flight Center.
 34. Huber, W.G. and D.C.Cramblit, "The Space Station: A Fundamental Element of the Integrated Space Program". New York, October 1970: Society of Automotive Engineers, Report No.700755.
 35. "Reference Earth Orbital Research and Applications Investigations (Blue Book)," Washington, 1971: National Aeronautics and Space Administration, 8-volume Report No.NHB 7150.1.
 36. "Space Station Executive Summary." Huntington Beach, Calif., (March 1971): McDonnell Douglas Astronautics Report MDC G0786.
 37. "Experimental Module Concepts Study" (Final Briefing and Executive Summary). San Diego, California, September 1970: Convair Division of General Dynamics.
 38. "Modular Space Station - Phase B Extension." Downey, California, 20 May 1971: North American Rockwell Space Division Report MSC-02467 SD 71-213.
 39. NASA Authorization for Fiscal Year 1972: Hearings before the Committee on Aeronautical and Space Sciences, United States Senate. Washington, March-April 1971: Government Printing Office (92nd Congress, First Session on S.720, two volumes and supplement).
 40. "Skylab," a special report, Astronautics and Aeronautics, 9, No.6 (June 1971). Contains seven articles on diverse aspects of the Skylab program.

B. Orłowski (Poland)

SOME REGULARITIES AND ANALOGIES IN THE SOCIAL RECEPTION
OF PIONEERING TECHNICAL ACHIEVEMENTS
(EXEMPLIFIED BY THE BEGINNINGS OF 18TH CENTURY AERONAUTICS
AND OF THE PRESENT DAY SPACE PENETRATION)

The influence of the application of technological inventions (of new tools and production methods) on the economy and on the material culture of societies is commonly known and recognized, and its major examples in history are relatively well described. On the other hand, much less attention has been paid to the impact of some pioneering technological accomplishments on social consciousness and culture.

It seems that the scope and intensity of the social response to a technological accomplishment is not always proportional to the practical significance of the latter. In this respect, it is important how "attractive" or "effective" the accomplishment appears to be. Accordingly, some technological achievements stir up the imagination of virtually all the people, although their practical utility is relatively small (at least in the first phase). One can risk remarking that, in this aspect, the question of economic usefulness is of secondary importance.

From the point of view of disclosing certain regularities in this process it is interesting that there are far-reaching and probably noncontingent analogies between the whole body of events connected with the first steps into the air that mankind had made toward the end of the 18th century and the events and trends evoked by the first steps into space that are being witnessed at present.

For the historian of civilization both achievements are similar to each other, of course if the obvious differences in the technological possibilities of the two epochs are dis-

regarded. Both are natural, successive stages of overcoming the gravitation force. Each of them marks an essential qualitative transition in the conquest of nature by mankind - an extension of man's penetration to a new, previously inaccessible sphere. There are even some analogies in the implementation of both programs:

- flights with man on board were preceded by flights with experimental animals,

- the new opportunities were made use of to check the existing scientific theories,

- diverse direct scientific observations of the new environment were made,

- physiological examinations of the effect of a change of conditions on the functioning of living organisms, especially on the human organism, were carried out.

Furthermore, each accomplishment opened new technological possibilities which were hardly expected before. History has shown that, although the balloons had rendered remarkable services in different fields and still continue to find new applications, they actually failed to fulfill the expectations of our 18th-century ancestors. Today it is difficult to foresee to what extent the penetration of space will fulfill ours.

The analogies and similarities are still more conspicuous in the social reception of both accomplishments. Notwithstanding, the essential differences between the society of the end of the 18th century and the contemporary one, the respective responses evoked were similar to each other.

Among the features common to the two complex achievements, the following seem to be the most specific:

- an ubiquitous interest,
- an ubiquitous emotional commitment,

- the elevation of the importance of science and technology in social consciousness,

- a specific feeling of satisfaction with this new enormous victory of man over the forces of nature,

- an at least temporary surge of feeling of belonging to a supra-national community of "citizens of the world",

- an at least transitory revival of the previously deprecated "faith in man",

- a vivid response in the mass communication media,

- a response in literature and art,

- attempted speculations on the possibilities of further developments and future applications of practical importance.

Thus, the social response evoked was vivid, profound, and many-sided. Both accomplishments no doubt, belong to the most attractive ones, both arouse fantastically the strongest imagination. It is not without some importance that the problems of aeronautics and space penetration had fascinated man long before any practical possibilities of their implementation emerged. What was at stake in both cases was the materialization of man's "eternal dreams", which had previously found their reflection in popular fancies and occasionally in modern science fiction. It is noteworthy that the implementation of those dreams had been estimated by many (even eminent) people as entirely impossible.

The group of problems discussed here involves also the question of the attitude and behaviour of people who for the first time faced an invention unknown to them, as, for example, very differentiated reactions of the poorly educated country men to the appearance of balloons.

The social phenomena accompanying the first attempts and flights with balloons were similar, but not identical, in different countries infected with the "ballooning frenzy" toward

the end of the 18th century. A mere list of the countries taking part in the undertaking then and now is interesting. It confirms the well-known historical changes in the importance and possibilities of different countries. Relatively well-known are the events that took place in France, and partly also in England, where main work on the improvement of balloons and the developing of aeronautics and the related investigations were being done. Much less is known about the course of these events in the less active countries. Research in this domain may yield many interesting contributions.

This is attested by the interesting results obtained in studies of that syndrome of events in 18th century Poland. It has become evident that the Polish attempts by no means limited themselves to imitating the French examples. Among the numerous trials of balloon flights, special mention is deserved by the experiments made at Cracow by a group of professors of the university. The Cracow scientists employed strictly scientific methods of preparation and experimenting and the related observation connected with the latter. They also published a detailed report on their most important experiment that had been made on 1st April 1784.¹ It is remarkable that one of them, the outstanding scientist and philosopher Jan Sniadecki, already at that time anticipated a considerable development of meteorology with the use of ballooning. Unfortunately, the Commission for National Education (which, incidentally, was the first ministry of education in the world) refused to make further allowances for experiments with balloons and urged the scientists to "concentrate primarily on the immediate needs and benefits of our country leaving to these countries that are richer and better satisfied in their fundamental needs the perfection of those experiments, which hitherto seem to satisfy only our curiosity and which require considerable expenditures..."²

This decision seems to have been right in view of the difficult situation of the state which was then in its period of decline.

An outstanding place among the original Polish achievements in ballooning is occupied by the eminent physicist, Father Jozef Osinski whose book "The Construction of Monsieur Montgolfier's Flying Machine" (Robota mechiny powietrznej Pana Montgolfier) appeared in Warsaw in 1784. In its first part the author explains the principles of designing and constructing of balloons and appends examples of calculations, whereas the second part presents the author's own interesting though of course unreal project of a metal vacuum aerostat.

Another idea seems worth mentioning. Although rather naive, it is a good illustration of the scope of the "ballooning frenzy" in Poland at that time. The court poet and chamberlain of king Stanislaw August, Stanislaw Trembecki, suggested in 1795 to steer balloons by means of an iron plate fastened to its basket and a big magnet put forward by the aeronauts on a long stick in the desired direction.³

Besides, we may also mention a series of articles entitled "Medical remarks concerning the air globe" (Lekarskie uwagi o napowietrznej Bani) published in 1784 in one of the journals of Lvov by doctor Nepomucen A.Hermann. He warns the aeronauts against the danger of "poisonous air, electric atmosphere and swift change of air". For reasons of health he also argues against filling the balloons with hydrogen. Thus he becomes, in a sense, a precursor of the now current complaints about the pollution of air in result of man's technological activities. Among other things, he writes: "that the thin elastic air used most frequently to fill in the air globes appeared to be ex acide salicis or else vitrioli dissolved tin. The viciousness, the poisonous and suffocating effects of that air need no proof.

Now please observe how this may be harmful not only to those busying themselves with it but also to the whole country - or even the whole country, if the machines containing 50, or 100000 or millions of cubic feet of such air should clear out. But people want to see at least one at all costs, although even a single one may be harmful..."⁴

I think that already from these few examples, rather unknown to the wider public, it is evident that the collection and comparison of this type of materials from different countries may be a subject of interesting studies. Perhaps it should be useful to organize an international research team under the auspices of ICHOATEC or one of the UNESCO agencies for this purpose especially since a possible publication of the results of such studies, illustrated by examples of interesting fragments of 18th-century texts and by original drawings should presumably be relevant celebration of the 200th anniversary of the invention of balloons and the first aeronautic flights which will be commemorated in a near future - in 1983. Since it is necessary to carry out extensive coordinated fundamental research in different countries, this date does not seem to be too remote. Besides, it may be surmised that studies on that complex of phenomena seen from a perspective of two centuries will enable us to see more clearly the analogues, more complicated processes taking place at present.

Note

1. Opisanie znakomitego doświadczenia z Banią, powietrzną, czynionego w Krakowie I kwietnia 1784, Krakow, 1784; cf. "Magazyn Warszawski", 1784, t.I, cz. II, s.392-411.
2. Archivum universytetu Jagellońskiego w Krakowie, rkps.4, s. 325 (Protokół Obrad Szkoły Głównej Koronnej, 1750-1755).

3. Trembecki, St., Pisma wszystkie, t.II, Warsz., 1953, s.119-129.
4. Hermann, N.A., Lekarskie uwagi o napowietrznej Bani. - "Lwowskie Pismo Uwiadamiace", Lwów, 1778, nr.8-12, 15.

Ю.А. Победоносцев, И.А. Меркулов (СССР)

ТВОРЧЕСКИЙ ВКЛАД Ю.В. КОНДРАТЮКА В ТЕОРИЮ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Юрий Васильевич Кондратюк (1897-1942) принадлежит к числу тех ученых, которые вслед за К.Э. Циолковским начали развивать теорию космических полетов.

Свои теоретические исследования в области космонавтики Ю.В. Кондратюк начал в 1916 г. и в начале 1917 г. написал первую рукопись, в которой был дан вывод формулы полета ракеты, рассмотрены вопросы устройства космического корабля, условия межпланетных полетов, создания промежуточных баз, влияния атмосферы на движения космических аппаратов и ряд других.

Эта рукопись носила характер личных записей и, видимо, не предназначалась для опубликования. В последующие годы Ю.В. Кондратюк расширил и дополнил рукопись, отредактировал ее, подготовил к печати и снабдил предисловием, озаглавив ее "Тем, кто будет читать, что бы строить". Эту работу ученый закончил в 1919 г. Однако в те годы труд Кондратюка не был издан. Впервые он был опубликован в 1964 г. в сборнике "Пионеры ракетной техники" [1].

Продолжая работать над теорией космических полетов, Ю.В. Кондратюк написал в 1920 г. новый, третий вариант своего труда, назвав его "Завоевание межпланетных пространств". Этот труд ученый в течение последующих четырех лет развивал и перерабатывал, закончив работу над ним в 1924 г.

В 1925 г. Ю.В. Кондратюк подготовил к печати четвертый вариант своей работы и направил его на отзыв профессору В.П. Ветчинкину, одному из ближайших учеников Н.Е. Жуковского, игравшему в те годы существенную роль в пропаганде идей космонавтики.

Ветчинкин в начале 1926 г. дал весьма положительный отзыв и рекомендовал книгу к изданию. Затем Ветчинкин отредактировал труд Кондратюка и написал к нему предисловие, датированное 1927 годом.

В предисловии Ветчинкин писал, что труд Кондратюка "...несомненно представляет наиболее полное исследование по межпланетным путешествиям из всех писавшихся в русской и иностранной литературе до последнего времени". Далее в предисловии говорилось, что в книге Кондратюка "...освещены с исчерпывающей полнотой все вопросы, затронутые и в других сочинениях, и, кроме того, разрешен ряд новых вопросов перво-степенной важности, о которых другие авторы не упоминают" [2, стр.3].

Труд Ю.В. Кондратюка "Завоевание межпланетных пространств" с предисловием В.П. Ветчинкина был издан самим автором в г. Новосибирске в 1929 г. [2]. Позднее, в 1947 г., уже после смерти Кондратюка, его труд был переиздан в Москве [3]. В 1964 г. Академия наук СССР включила труд ученого "Завоевание межпланетных пространств" в число избранных трудов пионеров ракетной техники [4]. В предисловии к этому сборнику его редактор проф. Т.М. Мелькумов, так же как и проф. В.П. Ветчинкин, отмечает ряд оригинальных идей, выдвинутых Ю.В. Кондратюком: "В частности, Ю.В. Кондратюк пишет об использовании излучения материальных частиц (например, α -частиц) для движения космической ракеты, о "двуосном астатическом жирокопке" для управления полетом, о шахматном расположении форсунок горючего и окислителя, что используется в настоящее время в жидкостноракетных двигателях. Он излагает принцип простейшего интегратора для учета скорости аппарата или количества израсходованного и оставшегося топлива. Весьма интересной является идея обеспечения возврата аппарата на Землю путем охлаждения снаряда или использования слоистых расходуемых (сбрасываемых) покрытий с тепловой изоляцией конструкции, а также идея использования там, где не требуется значительного ускорения, солнечной энергии в межпланетном полете путем преобразования тепла в электрическую энергию и с отбросом "катодных лучей" [5, стр. 7-8].

В своем первом труде [1] Ю.В. Кондратюк дал оригинальный вывод основного уравнения движения ракеты, устанавливающего зависимость между величиной заданной конечной скорости ракеты и количеством потребного топлива. Известно, что К.Э. Циолковский вывел уравнение движения ракеты на основании закона сохранения импульса (количества движения) [6]. Таким же методом выводили это уравнение Р. Эсно-Пельтри, Р. Годдард, Г. Оберт. А Ю.В. Кондратюк вывел уравнение движения ракеты, названное им "теоретическая формула веса ракеты", на основании не непосредственного закона сохранения импульса, а приняв, что "при отталкивании друг от друга двух тел энергия (живая сила) относительно их общего центра тяжести распределяется между ними обратно пропорционально их массам...". Это позволило ученому использовать не величину скорости истечения газа, а непосредственно теплотворную способность топлива. Уравнение, выведенное Ю.В. Кондратюком, имело вид:

$$M = \frac{W}{me\sqrt{2\rho}},$$

где m - начальная масса ракеты, m - конечная масса ракеты (по терминологии Ю.В. Кондратюка "пассивный груз"), W - скорость ракеты; ρ - теплотворная способность топлива (в эргах).

Ученый рассмотрел различные случаи взлета ракеты в гравитационном поле. Для этого он сначала представил общую формулу, справедливую для свободного пространства, в виде:

$$M = m e^{\sqrt{\frac{rg}{p}}},$$

где r – радиус Земли, g – ускорение силы тяжести.

Для вертикального взлета с поверхности Земли им была выведена формула, аналогичная второй формуле К.Э. Циолковского:

$$M = m e^{\sqrt{\frac{rg}{p}} \frac{k}{k-1}},$$

где $k = j/g$ – отношение ускорения, сообщаемого ракете двигателем, к ускорению силы тяжести.

Затем, рассмотрев разгон ракеты по окружности, он получил формулу:

$$M = m e^{\sqrt{\frac{rg}{p}} \frac{k}{\sqrt{k^2-1}}}$$

и пришел к выводу, что для ускорения до одной и той же скорости при одинаковом режиме работы (одинаковое p) при взлете по горизонтали потребуется меньше топлива, чем при вертикальном взлете.

В своем втором труде [2] Ю.В. Кондратюк рассмотрел многокомплексные ракетные системы и вывел для них уравнение движения. Это уравнение сам ученый назвал "формула нагруженности" (отношение начальной и конечной масс ракеты). Исследовав закономерности, определяющие полет ракеты в космос, он убедительно обосновал необходимость сбрасывать освободившиеся от топлива элементы конструкции ракеты, дав количественную оценку получаемого при этом эффекта. В.П. Ветчинкин очень высоко оценил эти исследования Ю.В. Кондратюка, написав в своем предисловии: "Он первый дал формулу, учитывающую влияние веса баков для горючего и кислорода (пропорциональный пассив по терминологии автора) на общий вес ракеты, и доказал, что ракета, не сбрасывающая и не сжигающая своих баков во время движения, вылететь за пределы земного тяготения не может" [2, стр. 3].

Ю.В. Кондратюк ввел принципиально важное деление пассивной массы ракеты (так он именовал всю массу ракеты, кроме топлива) на две части:

1) абсолютный пассив " m ", к которому относятся люди со всем необходимым для их жизни и выполнения заданной им операции и благополучного спуска на земную поверхность по окончании функционирования ракеты, как таковой;

2) пропорциональный пассив " m_1 " – масса всех предметов, обслуживающих функционирование ракеты, к каковым относятся: а) сосуды для заряда, б) камеры сгорания, в) извергающая труба, г) приборы и машины, перемещающие вещество заряда в камеру сжигания, и д) все части, связывающие предметы первых четырех категорий и придающие прочность всей конструкции ракеты. Эту часть массы мы назовем "пропор-

циональным пассивом", ввиду того, что по конструктивным законам он в общем должен быть по своей массе приблизительно пропорционален массе обслуживаемого им заряда..." [2, стр. 21].

Это определение, данное самим автором, показывает, что под пропорциональным пассивом Ю.В. Кондратюк понимал по сути дела вес конструкции ступени ракеты и предлагал сбрасывать отдельные ступени по мере их освобождения от топлива (которое ученый называл зарядом или горючим и обозначал через " μ ").

"Исходной точкой конструирования ракеты, - писал он, - является ее наперед устанавливаемый " m ", а с ним уже согласовывается " μ " и " m_1 "; " m " остается постоянным все время полета; " μ " постепенно расходуется, а " m_1 " может быть изменяем, при нашем на то желании, соответственно уменьшающимся массам заряда " μ "... [2, стр. 21].

Далее он рассматривает нагруженность "того участка, на протяжении которого беспрерывно функционирует один и тот же " m_1 " и по окончании которого он может быть отброшен, чтобы не обременять ракету своей излишней массой, после чего и начинает функционировать другой комплект " m_1 ", меньших размеров и меньшей массы, соответственно уменьшившимся массам заряда и выделения" [2, стр. 22].

Ю.В. Кондратюк пишет о необходимости применять многокомплектные или, как мы теперь говорим, многоступенчатые ракеты: "Число участков и соответственно число комплектов " m_1 " определяется в зависимости от той относительной величины расходуемого заряда, какую мы найдем удобным обслуживать одним беспрерывным комплектом " m_1 ", а именно это число должно быть равно $\ln n : \ln n_i$, где n_i - нагруженность каждого из участков траектории" [2, стр. 22].

Необходимо отметить следующее обстоятельство. Идея многоступенчатых ракет была известна давно. Они подробно описаны, в частности, в XVII в. в труде литовского ученого К. Сименовича [7,8]. О применении многоступенчатых ракет в космонавтике писали, как известно, еще Р. Годдард и Г. Оберт. Основы их теории разработал К.Э. Циолковский [9]. Заслугой Ю.В. Кондратюка является не только то, что он самостоятельно пришел к идее многоступенчатых ракет и выполнил интересные расчетно-теоретические исследования в этой области. Ю.В. Кондратюк поставил вопрос о многоступенчатых ракетах в более общей форме. Он предложил осуществлять сбрасывание как целых ступеней, так и отдельных элементов конструкции ступени, например, баков, при сохранении двигателей. Он даже поставил задачу определения оптимального варианта сбрасывания пропорционального пассива и дал решение этой задачи, весьма близкое к тому, которое может дать современная наука. В его книге написано: "Практически наилучшей системой будет поэтому двухкомплектная для машин и приборов и трехкомплектная для сосудов, как более громоздких частей " m_1 " (2, стр. 23).

Ю.В. Кондратюк дал формулу для определения массы многоступенчатой ракеты:

"Если мы применим несколько-комплектную систему, разделив траекторию на несколько участков с равными " W_i " для каждого из них, то

для всего полета получится увеличение массы в

$$\left[\frac{1}{1 - q(n_1 - 1)} \right]^k$$

раз (где "К" - число участков) сравнительно с массой, какую ракета должна была бы иметь при отсутствии "m₁" (2, стр. 23).

Подставив выведенное Кондратюком выражение в основную формулу ракеты для случая m₁=0, после простых преобразований легко получается уравнение движения многоступенчатой ракеты, например, в виде [10]:

$$M = m \left(\frac{n}{n-1} \right)^{[(1+q)n-q]} \frac{W}{U},$$

где q=m₁μ, U - скорость истечения газа.

Ю.В. Кондратюк провел оригинальные исследования программ полета космических ракет и разработал предложение осуществить разгон ракеты по семейству эллипсов с кратковременными включениями двигателя в их перигее. По предложению ученого путем ряда включений двигателя в зоне перигея можно с наименьшим расходом топлива осуществить удаление апогея в бесконечность, т. е. вылет по параболе в межпланетное пространство.

Исключительную ценность представляет идея Ю.В. Кондратюка об осуществлении полетов на планеты с выходом на орбиту, вокруг них и последующим отделением взлетно-посадочных аппаратов, совершающих посадку и возвращение к орбитальным аппаратам. Эта идея, как известно, уже нашла практическое применение при осуществлении полетов на Луну автоматических и пилотируемых аппаратов.

Ю.В. Кондратюк разработал идею создания искусственных спутников Луны и планет в качестве долговременных промежуточных баз для заправки межпланетных кораблей и способы доставки на них топлива. Исходя из того, что доставка топлива может осуществляться с большими ускорениями, чем полет людей, ученый разработал идею ракетно-артиллерийского снабжения топливом межпланетных баз.

Специальный раздел своего труда Ю.В. Кондратюк посвятил проблеме топлива и скорости истечения газа. В этом разделе он выдвинул предложение использовать в качестве горючего для ракетных двигателей литий, бор и бороводороды. При этом он писал: "Применение металлических или борной групп требует для наличия в выделении газа одновременного применения водородной, боро-водородной или одной из углеводородных групп, или же присутствия избыточного водорода" [2, стр. 16]. Величину скорости истечения газов для всех видов горючего ученый вычислил при использовании в качестве окислителя кислорода и озона.

Ю.В. Кондратюк, так же как и Ф.А. Цандер, предложил использовать отработанные элементы конструкции ракеты в качестве горючего. "Можно предложить, - писал он, - такое решение вопроса об "m₁", при кото-

ром вредное влияние присутствия масс " m_1 " устраняется почти совершенно, решение это заключается в следующем: как и при несколько-комплектной системе, конструируется несколько комплектов " m_1 " постепенно убывающей величины, материалом для конструкции служат по возможности преимущественно алюминий, кремний, магний, части, требующие особой огнеупорности (внутренняя поверхность камеры сжигания), делаются из подходящих сортов графита, карборунда корунда. Комплекты, становящиеся по своей величине излишними вследствие уменьшившейся массы ракеты, не отбрасываются, а разбираются и поступают в камеру пилота на переплавку и раздробление, чтобы затем быть употребленными в качестве химических компонентов заряда. Такое решение является идеальным, так как при нем в качестве вредных масс " m_1 " остается лишь последний, самый меньший комплект, все же предыдущие являются зарядом, временно исполняющим функции " m_1 " [2, стр. 23-24].

Очень интересным является исследование Ю.В. Кондратюка вопроса стоимости топлива. Рассмотрев этот вопрос, ученый пришел к выводу: "Если критерием при составлении заряда будет служить наименьшая его стоимость, то руководящим принципом должен быть следующий: применение наиболее дешевых групп для частей заряда, расходуемых первыми и переход от них к группам более теплопроизводительным... для частей заряда, расходуемых следующими" [2, стр. 16].

В соответствии с этим принципом ученый предлагал на первых ступенях использовать углеводородные горючие, а на следующих водород и бороводороды. "Будет ли применяться озон, - писал Ю.В. Кондратюк, - и начиная с какой группы, зависит от того, насколько дешевый, а главное безопасный жидкий озон нам удастся получить..." [2, стр. 17].

Идеи Ю.В. Кондратюка в области ракетной энергетики безусловно являются ценным вкладом в теорию космонавтики.

Необходимо также отметить и исключительно ценный вклад, внесенный Ю.В. Кондратюком в развитие проблемы использования аэродинамических сил при полете ракет. В своей работе "Тем, кто будет читать, чтоб строить" этот ученый выдвинул и разработал много весьма интересных мыслей в рассматриваемой области. В книге "Завоевание межпланетных пространств" он еще более подробно рассмотрел вопрос об использовании аэродинамических сил при полете ракет в атмосфере.

"Прежде всего, - писал он, - атмосфера будет задерживать снаряд при отлете, а при достаточной скорости будет и нагревать его" [1, стр. 521]. Рассмотрев влияние атмосферы на полет космического аппарата, Кондратюк предугадал применяемый ныне способ выведения на орбиту искусственных спутников Земли: "Из только что сказанного (сопротивление атмосферы, нагревание, осложнение с трубой) видно, что чем скорее выйти из атмосферы, тем лучше. При этом роль играют главным образом первые несколько десятков верст толщины ее, так как за этим пределом плотность ее становится ничтожной. Поэтому даже и второй способ полета следует начинать приблизительно как и первый - почти перпендикулярно к земной поверхности и уже по мере взлета направлять ускорение по касательной" [1, стр. 522].

Следующий раздел своего труда Кондратюк назвал "Утилизация атмосферы", посвятив его вопросам полезного использования атмосферы.

В этом разделе, отмечая, что кроме вредных осложнений, вызванных атмосферой, есть и полезные, он пишет: "Пусть мы возвращаемся по 2-му способу. Станем описывать круги вокруг Земли не вне атмосферы, как это необходимо делать при отлете и как можно было бы сделать и при возвращении, а в ней. Тогда атмосфера сможет послужить поглотителем скорости снаряда и, следовательно, нам не придется тратить на это активного вещества... 3-й способ возвращения состоит в том, что мы, подлетая к Земле по касательной, вовсе не пользуемся активным веществом, а пользуемся атмосферой и для уменьшения скорости и для парализования излишней центробежной силы, которая смогла бы оторвать снаряд от Земли обратно в пустое пространство..." [1, стр. 522].

Всесторонне разрабатывая вопросы спуска космического корабля в атмосфере, Ю.В. Кондратюк посвятил специальный раздел своего труда выбору формы корабля и управлению им при спуске. В этом разделе он писал: "Почти всю потерю скорости нужно произвести в самых верхних слоях атмосферы, где плотность ее ничтожна – сопротивление значит будет значительно меньше... Управление и должно состоять в том, чтобы пока возможно, т. е. пока мы не утратили почти всю свою скорость, держаться в верхних слоях атмосферы и только по мере уменьшения скорости спускаться в более плотные слои. При этом для третьего способа спуска вначале угол атаки должен быть отрицательным для того, чтобы центробежная сила не оторвала снаряд обратно от Земли..."

Малейшая неверность в угле атаки и снаряд зароется в плотные слои атмосферы, где не выдержат силы ее сопротивления ни снаряд, ни пассажир, не выдержит такого замедления, или просто ударится в Землю. Или взлетит вверх из атмосферы в пустоту, а потом будет падать на Землю под таким углом, что нельзя будет предотвратить катастрофы...

При постройке снаряда для возвращения с помощью воздуха, возможно придется прибегать для того, чтобы поверхность его не раскалялась чрезмерно, ко всяким ухищрениям – охлаждать ее, делать ее в виде нескольких, последовательно сбрасывающихся чехлов, или менять по мере порчи только носовые режущие части, делать поверхность снаряда из наиболее полированного и в то же время наиболее тугоплавкого материала"..." [1, стр. 524–525].

Ю.В. Кондратюк был первым ученым, кто во всей глубине представил значение и сложность проблемы нагрева космических аппаратов при их движении в атмосфере и усиленно искал инженерные методы защиты конструкции корабля от сгорания. Он говорил: "Поверхности снаряда, подверженные действию атмосферы, а именно, прежде всего поддерживающая его поверхность, должны обладать максимальной огнеупорностью, которую следует достичь хотя бы с увеличением веса их квадратного метра, и следовательно, с уменьшением площади поддерживающей поверхности и увеличением нагрузки ее квадратного метра. Наиболее рациональной конструкцией поддерживающей, хвостовой и стабилизирующей поверхностей представляется следующее: металлический остов, наглухо покрытый черепицей из какого-либо вещества максимальной огнеупорности, как например, графит, ретортный уголь, известняк, фарфор. Че-

репица должна находиться со стороны поверхностей, обращенных вперед и защищать собой металлический остов" [2, стр. 53].

Ю.В. Кондратюк высказал еще ряд интересных идей, которые заслуживают большого внимания. Оценке творчества этого ученого был посвящен ряд работ, среди которых следует отметить [11, 12, 13].

В заключительной главе своего труда Ю.В. Кондратюк поставил основные задачи, определяющие развитие ракетно-космической техники. В качестве первой задачи он поставил создание жидкостного ракетного двигателя.

Затем у него стоят:

II. Нахождение наилучших конструкций для всех предметов пропорционального пассива и способов утилизации их в качестве вещества заряда.

III. Исследование и налаживание производства веществ заряда, до сих пор фабричным способом не производимых, как например, жидких озона и водорода.

IV. Нахождение наилучших конструкций камеры для людей и всех приборов для ее обслуживания.

V. Нахождение наилучших конструкций приборов автоматического управления и ориентирования.

VI. Исследование выносливости человеческого организма по отношению к механическому ускорению и по отношению к жизни в воздухе меньшего давления, но с большим содержанием кислорода.

VII. Нахождение лучших методов и типов астрономических инструментов для быстрого ориентирования пилота относительно точки нахождения ракеты и данных ее орбиты...".

X. Исследование нагревания поверхности тел при больших скоростях движения в разреженной атмосфере..., а равно исследования сопротивления атмосферы при больших скоростях и исследование выносливости различных конструкций, поддерживающих поверхности..." [2, стр. 67-68].

Ю.В. Кондратюк отмечал большое народнохозяйственное значение космонавтики. В предисловии к своей книге он писал: "Именно в возможности в ближайшем же будущем начать по-настоящему хозяйничать на нашей планете и следует видеть основное огромное значение для нас в завоевании пространств солнечной системы" [2, стр. 8].

Эти слова ученого свидетельствуют о том, что он, как и К.Э. Циолковский, разрабатывал теорию космических полетов ради пользы всего человечества.

Литература

1. Ю.В. Кондратюк. Тем, кто будет читать, чтобы строить. В сб.: "Пионеры ракетной техники", М., 1964, стр. 501-536.
2. Ю.В. Кондратюк. Завоевание межпланетных пространств. Новосибирск, 1929.

3. Ю.В. Кондратюк. Завоевание межпланетных пространств. М., 1947.
4. Ю.В. Кондратюк. Завоевание межпланетных пространств. В сб.: "Пионеры ракетной техники". М., 1964, стр. 537-598.
5. Т.М. Мелькумов. Предисловие редактора к сборнику "Пионеры ракетной техники". М., 1964, стр. 3-11.
6. К.Э. Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами. - "Научное обозрение", 1903, №5.
7. Casimiri Siemienowicz. Artis Magnae Artillerie Pars Prima. Amsterdam, 1650.
8. А. Ивашкявичус. Казимир Семенович и его книга "Великое искусство артиллерии. Часть первая". Вильнюс, 1971.
9. К.Э. Циолковский. Космические ракетные поезда. Калуга, 1929.
10. А.Г. Радынов. Развитие формулы Циолковского в трудах отечественных ученых. Труды первых чтений К.Э. Циолковского. М., 1966, стр.
11. В.Н. Соколовский. Работы отечественных ученых - пионеров ракетной техники (исторический очерк). В сб.: "Пионеры ракетной техники", М., 1964, стр. 601-633.
12. В.Н. Соколовский. Работы отечественных ученых по созданию основ теории межпланетных сообщений. В сб.: "Из истории ракетной техники", М., 1964, стр. 53-55.
13. Б.Н. Воробьев, В.Н. Тростников. О неопубликованной работе Ю.В. Кондратюка "Тем кто будет читать, чтобы строить". В сб.: "Из истории ракетной техники". М., 1964, стр. 222-249.

Б.В. Раушенбах, Ю.В. Бирюков (СССР)

С.П. КОРОЛЕВ - ОСНОВОПОЛОЖНИК ПРАКТИЧЕСКОЙ КОСМОНАВТИКИ

В истории науки важнейшую роль всегда играли те ученые, которые прокладывали совершенно новые направления научных исследований. Именно с их деятельностью обычно связаны самые крупные открытия и достижения, революционные перевороты в фундаментальных представлениях, создание новых научных школ. По-видимому, в истории науки нет более высокой оценки творчества ученого, чем признание его основоположником новой области научных исследований, особенно когда речь идет о такой области, которая быстро приобретает жизненно-важное значение для человечества. В наше время быстрый темп развития науки и техники и современные средства научно-технической информации выравнивают фронт продвижения науки к решению ее наиболее актуальных проблем и приводят к практической одновременности многих открытий рядом ученых в разных странах. В этих условиях признание историками науки какого-либо одного ученого основополож-

ником нового направления требует особенно серьезного подхода и обоснования.

Все вышесказанное тем более существенно, когда речь идет не о каком-либо узком научном направлении, а о таком комплексе многих научных и технических направлений, каким является практическая космонавтика.

В настоящее время общепризнано, что основоположником теоретической космонавтики, созданной в начале XX в. трудами немногих пионеров, благодаря приоритетности его работ и широте охвата и глубине рассмотрения проблем является К.Э.Циолковский. Цель данного доклада — показать, что столь же великую роль основоположника практической космонавтики в наше время сыграл Сергей Павлович, хотя для многих это еще не очевидно по тем причинам, что практическую космонавтику создавали тысячи и тысячи людей, из которых многие играли существенную направляющую роль в ее развитии, и что она имеет очень короткую и далеко еще не исследованную историю.

Формирование ракетно-космической техники как новой самостоятельной отрасли техники завершилось к началу 50-х годов нашего века. Именно тогда ракетная техника достигла такого уровня, что стала реальной постановка вопроса о начале практических работ по освоению космоса, и именно тогда этот вопрос был поставлен С.П.Королевым. Но прежде, чем рассмотреть его роль в развитии практической космонавтики, необходимо коротко напомнить о той значительной роли, которую Королев сыграл в развитии докосмической ракетной техники как один из ее пионеров и ведущих специалистов. Подробно об этом говорилось в докладе авторов на XIX конгрессе МАФ в 1968 г.

Познакомившись в 1929 г. с К.Э.Циолковским и увлекшись его идеями, 22-летний авиаконструктор и летчик Королев решил посвятить жизнь осуществлению этих идей, и вся дальнейшая его деятельность была отдана достижению этой цели. В 1931 г. он познакомился с Ф.А.Цандером, вместе с которым организовал ГИРД — одну из первых советских ракетных организаций. В ГИРДе, руководителем которого, несмотря на молодость, не случайно, а благодаря своим исключительным творческим способностям стал Королев, всего за два года работы были впервые в СССР созданы жидкостные и гибридные ракетные двигатели, работавшие на жидком кислороде, проведены стендовые исследования первых экспериментальных воздушно-реактивных двигателей, осуществлены летные испытания первых жидкостных ракет, начаты работы по созданию управляемых ракет и по осуществлению полета человека на ракетном аппарате. Кроме того, в эти годы Королев вел большую работу по широкой пропаганде ракетной техники и внес большой вклад в организацию первого Реактивного научно-исследовательского института. В этом институте под непосредственным руководством Королева была проведена широкая программа научных исследований и опытно-конструкторских работ, завершившихся стендовыми и летными испытаниями ряда конструкций баллистических и крылатых экспериментальных ракет и первыми полетами советского человека на ракетном аппарате. Эти полеты были выполнены в феврале — марте

1940 г. летчиком В.П. Федоровым на ракетопланере РП-318-1 конструкции С.П. Королева.

Перед войной были разработаны проекты ракет, и ракетопланов, рассчитанные на достижение рекордных высот полета для исследования стратосферы. Но Великая Отечественная война прервала эти работы, все силы советских ракетчиков были направлены на создание и совершенствование таких образцов ракетной техники, которые можно было бы немедленно применить в борьбе с врагом. Учитывая основное направление работ Королева, ему поручили руководить оснащением ракетными ускорителями серийного бомбардировщика Советской Армии Пе-2. Эти ускорители создавались на базе жидкостных ракетных двигателей РД-1, РД-1ХЗ конструкции В.П. Глушко. Королевым были разработаны реактивные установки с этими двигателями для самолетов Пе-2. Он принимал участие в летных испытаниях самолетов с реактивной установкой. Ответственная задача по повышению летно-тактических данных боевых самолетов за счет применения ракетных ускорителей была решена успешно, за что Королев наряду с другими участниками работы был удостоен правительственной награды. Но в условиях быстрого наступления Советской Армии необходимость принятия на вооружение авиации принципиально новой техники, довольно сложной в эксплуатации, отпала.

После войны советские конструкторы получили возможность вернуться к своим перспективным разработкам, причем еще до окончания войны были созданы новые проекты ракет для исследования верхних слоев атмосферы и даже проект ракеты для подъема человека на высоту до 200 км (проект ВР-190). Но этот проект справедливо был расценен тогда как преждевременный. Сначала предстояло провести серьезную разведку верхних слоев атмосферы и воздействия условий ракетного полета на живой организм. С 1947 г. научные приборы стали регулярно устанавливаться на экспериментальных ракетах в качестве дополнительного полезного груза, а в 1949 г. под руководством Королева была создана первая специальная геофизическая ракета В-1-А, поднимавшая в первых вариантах полезный груз весом около 130 кг на высоту 110 км. С мая 1949 г. с помощью этой ракеты проводилась регулярная программа геофизических исследований, а с июля 1951 г. — программа биологических исследований, во время которых собаки и другие живые организмы поднимались ракетой на высоту более ста километров, а затем обеспечивался их безопасный спуск в герметичных кабинах и в скафандрах.

Вслед за первой геофизической ракетой были созданы более мощные одноступенчатые геофизические ракеты В-2-А и В-5-В. Первая из них поднимала (с мая 1957 г.) полезный груз весом 2200 кг, состоявший из научной аппаратуры и подопытных животных, на высоту 212 км. Для повышения точности измерений параметров верхних слоев атмосферы было применено отстреливание контейнеров с геофизическими приборами на значительное расстояние от ракеты с помощью специальных мортир. Ракета В-5-В, созданная в 1958 г., существенно расширила возможности ракетных исследований верхних слоев атмосферы. Она бы-

ла способна поднимать полезный груз весом более 1,5 т на высоту порядка 450 км.

Хотя геофизические ракеты и давали ценнейшие научные сведения, они обладали целым рядом принципиальных ограничений, которые можно было преодолеть только созданием космических ракет.

Исследования возможности практического достижения космических скоростей начались в нашей стране под руководством Королева в 1950 г., а проблем создания искусственных спутников Земли и других проблем космонавтики — в 1954 г. Именно в постановке и решении этих проблем и сказалась, с одной стороны, выдающаяся научно-организаторская роль С.П. Королева и, с другой стороны, ярко проявилось преимущества социалистического общественного строя. В результате С.П. Королеву, являвшемуся главным конструктором ракетно-космических систем и руководителем совета главных конструкторов, разрабатывающих отдельные направления ракетно-космической техники, была предоставлена возможность работать над осуществлением рассчитанной на много лет вперед программы космических исследований, которые должны были охватывать как околоземное, так и межпланетное пространство и ближайшие к Земле небесные тела. Полет человека в космос в этой программе с самого начала занимал важнейшее место, а создание искусственного спутника Земли рассматривалось первым шагом этой программы.

Планомерный подход к проблеме позволил Королеву сосредоточить усилия на создании мощной ракеты-носителя "Восток", которая поистине явилась "машиной века" с чрезвычайно высокими летными характеристиками и конструктивным совершенством, подобных которым до этого не знало мировое ракетостроение и которые оставались непревзойденными почти десять лет. Ракету "Восток" отличало на редкость удачное конструктивное решение, обеспечивавшее возможность ее дальнейшего совершенствования и глубоких модификаций для решения самых разнообразных задач космонавтики.

Создав такую ракету-носитель, советские ученые и конструкторы во главе с Королевым тем самым обеспечили надежный фундамент для выполнения обширной космической программы. Это дало возможность затем перенести сосредоточение усилий на создание космических аппаратов различного назначения, включая пилотируемые корабли-спутники. Дальновидный расчет Королева привел, в частности, к тому, что когда была разработана конструкция пилотируемого корабля, ракета-носитель в основном была уже отработана и обеспечивала достаточную надежность выведения полезного груза на орбиту.

Создание мощной ракеты-носителя было лишь одной, хотя и важнейшей на первом этапе стороной, без которой было бы немислимо развитие практической космонавтики. Другой обязательной стороной, значение которой со временем все более возрастало, было создание космических летательных аппаратов, способных достаточно длительное время работать в условиях космического пространства. Задачи создания носителей и космических аппаратов имеют различный характер, Королев возглавил работы по обоим этим направлениям.

И это было не случайно. Для всего творчества Королева наиболее характерной чертой было стремление к созданию принципиально новых конструкций, к освоению новых областей научных исследований. Большинство конструкторов так или иначе специализируются на одном или нескольких типах изделий, и создав в молодости удачный тип той или иной машины, очень часто затем всю жизнь разрабатывают все более совершенные конструкции машин этого типа. И это, вообще говоря, закономерно. Королев же своим многогранным творчеством опровергал эту закономерность. Под его руководством был создан целый ряд объектов, конструкция каждого из которых в своих основных чертах была принципиально новой: научные спутники "Электрон", спутник связи "Молния-1", автоматические аппараты для полетов к Луне, Марсу, Венере, пилотируемые корабли "Восток" и "Восход".

Особенностью космических аппаратов любого типа является то, что после отделения от ракеты-носителя они становятся искусственными небесными телами, на которых с той или иной степенью полноты необходимо воссоздание земных условий для работы приборов и особенно экипажа. Помимо этого, в отличие от естественных небесных тел, они должны, как правило, быть управляемыми и иметь достаточно информативную линию связи с Землей.

При создании первых искусственных спутников Земли, конечно, был использован опыт, полученный при создании и использовании геофизических ракет и их аппаратуры, но чаще всего космическая техника ставила задачи по разработке систем, не имевших прямых аналогий в других областях техники. Здесь могут быть названы системы космических аппаратов, требующие принципиально нового подхода при их разработке как системы управления движением (ориентацией, маневрированием), система навигации, системы терморегулирования, система энергоснабжения, радиосвязи и объединяющая все эти разнородные устройства система управления бортовым комплексом. Особо следует сказать о системе обеспечения жизнедеятельности и системах, обеспечивающих возвращение космонавтов на Землю.

Для С.П. Королева была характерна чрезвычайная широта проводившихся им работ. Буквально в создании каждой из перечисленных систем, установленных на аппаратах его конструкции, есть тот или иной его личный творческий вклад. Это выглядит особенно удивительным, поскольку, как уже отмечалось выше, все космические аппараты Королева представляли собой принципиально новые машины, которые в условиях взятого им очень быстрого темпа развития программы космических исследований создавались и запускались в космос всего в одном-двух экземплярах для решения определенных этапных задач.

Королев создал собственную научную школу ракетно-космического ракетостроения. Одной из характерных черт его как научного руководителя было воспитание молодых конструкторов в процессе создания нового образца ракет и космических аппаратов. По мере того, как данный образец осуществлялся, рос и коллектив его разработчиков. И к тому моменту, как образец принимался в эксплуатацию, участники его создания становились в состоянии вести самостоятельную работу.

Они выделялись из конструкторского бюро Королева и уже независимо продолжали вести модификации и совершенствование исходного образца. А Королев приступал к созданию какой-либо принципиально новой машины. Просто поразительно, что он успел сделать за 10 лет: мощная ракета-носитель, первый искусственный спутник Земли и последовавшая за ним серия научных и народнохозяйственных спутников, в том числе спутник связи "Молния-1", первые автоматические аппараты для полетов к Луне, Марсу, Венере, первый космический корабль "Восток", на котором совершил свой полет Ю.А. Гагарин, и серия последующих пилотируемых кораблей. При такой широте проводившихся под его руководством работ они в то же время не носили случайного характера, а были составными элементами продуманного плана и характеризовались постепенным усложнением решавшихся задач.

С.П. Королев прекрасно понимал, что создание ракет-носителей и космических аппаратов является хотя и необходимым, но еще недостаточным условием завоевания космического пространства. Именно поэтому он постоянно уделял внимание и таким вопросам, как создание двигателей, систем управления, наземного стартового и командно-измерительного комплексов и т.д.

Помимо сказанного С.П. Королев вел большую организаторскую работу — он принимал непосредственное участие в управлении космическими полетами. Организация наземной службы управления полетом происходила при его самом деятельном участии. Из эпизодов, связанных с этой его деятельностью, широко известны записи переговоров Королева с Гагариным во время исторического полета корабля "Восток".

Столь же активное участие принимал Королев в отборе и подготовке космонавтов, со многими из которых его связывала самая искренняя дружба.

Описанная здесь инженерно-практическая деятельность С.П. Королева ни в коей мере не означает, что он не занимался вопросами теории. Еще в середине 30-х годов он был инициатором привлечения группы ученых Московского университета к разработке вопросов теории ракетного полета. К моменту начала работ по ракетно-космической технике необходимость широкого привлечения многих научно-исследовательских институтов Академии наук СССР к фундаментальным исследованиям, связанным с вопросами освоения космоса, была для него совершенно ясна. В процессе работы над этими фундаментальными проблемами С.П. Королев сблизился со многими ведущими учеными и об уважении, которым он пользовался в академических кругах, говорит избрание его в последние годы жизни в члены Президиума Академии наук СССР.

Принимая самое живое участие во всех областях деятельности, связанной с освоением космического пространства, от создания ракет и космических аппаратов до организации наземных служб управления полетом и подготовки космонавтов, С.П. Королев по праву заслуживает того, чтобы быть признанным основоположником практической космонавтики.

В мировой науке и технике нет другого такого деятеля, с именем которого столь же неразрывно были бы связаны действительно все ве-

ликие основополагающие свершения первого десятилетия космической эры человечества, как с именем С.П. Королева.

Мы уверены, что дальнейшие, более глубокие исследования истории космонавтики, еще глубже выявят основополагающий вклад С.П. Королева в развитие практической космонавтики, и выводы, сделанные в этом докладе, выдержат проверку временем.

E. Rot-Oberth (BRD)

ÜBER DIE ROLLE VON H.OBERTH IN DER ENTWICKLUNG
DER RAKETEN- UND RAUMFAHRTTECHNIK

Oberth las als 11-jähriger Junge die Bücher Jules Vernes "Von der Erde zum Mond" und "Reise um den Mond". Wenn man vom romanhaften Beiwerk absieht, so bleibt folgendes übrig:

Drei Reisende werden in einem Projektil nach dem Mond geschossen. Es soll auf den Mond fallen und den Fall mit Pulverraketen bremsen, - andere Raketen gab es damals nämlich noch nicht-. Im Roman hatte die Erde dann noch einen zweiten Mond, was unsere Astronauten sehr gefreut hätte, wenn es wahr gewesen wäre. Das Projektil kommt diesem zu nahe und wird durch die Anziehungskraft dieses Himmelskörpers von seiner Bahn abgelenkt. Es fährt dann in einer astronomisch zwar unmöglichen, schriftstellerisch dafür aber interessanteren Kurve um den Mond, bekommt die schönsten, damals bekannten Einzelheiten zu sehen, landet wieder auf der Erde und fällt in den stillen Ozean, schwimmt aber oben, weil es leichter ist als das Wasser, und wird schliesslich gerettet.

Die Idee begeisterte Oberth. Er sah jedoch ziemlich bald, dass sie in dieser Form undurchführbar war. Abgesehen von allen technischen Schwierigkeiten hätte der menschliche Körper die fürchterliche Beschleunigung beim Abschuss eines Projektils nicht vertragen. Diese Beschleunigung hätte einen Andruck erzeugt, bei dem der menschliche Körper einfach zu einem Brei

zerflossen wäre. Dieses hatte Oberth schon in der dritten Gymnasialklasse nachgerechnet. Er begann also nun mit Untersuchungen, wie der Mensch auf ungewöhnliche Schwere- und Schwere- und Beschleunigungsverhältnisse reagiert.

Wenn man in einem Wagen sitzt, der mit derselben Beschleunigung anfährt, mit der die Körper im luftleeren Raum fallen, so wird man gerade mit seinem eigenen Gewicht an die Rücklehne gedrückt. Würde der Wagen mit der doppelten Beschleunigung anfahren, wäre der Andruck bereits doppelt so gross, bei der dreifachen dreimal und so fort.

Oberth begann nun in der Schässburger Schwimmschule zu beobachten, was geschieht, wenn ein Springer beim Auftreffen auf die Wasserfläche gebremst wird.

Aus verschiedenen Beobachtungen konnte er feststellen, dass der Mensch in liegender Stellung eine Verzögerung bis zum achtfachen der Erdschwere vertragen würde, wenn er mit dem Gesicht nach oben zu liegt.

Was die Andruckfreiheit betrifft, war sich Oberth ziemlich bald darüber im klaren, dass auf einem Freischwebenden Raumschiff kein Andruck herrschen würde, denn die Körper folgen dem Zuge der Schwerefelder alle in gleichen Tempo, sodass zwischen ihnen keine Zug- und Druckspannungen entstehen können.

Um diese Überlegung auch durch das Experiment zu bestätigen, füllte Oberth eine starkwandige Flasche mit Wasser, sprang vom Turm der Schwimmschule ins Wasser und heitl die Flasche vor sich. Was er erwartet hatte, geschah, das Wasser stieg an den Wänden hoch und nahm die Luft in die Mitte. Diesen Versuch wiederholte er 10 bis 20 mal mit dem gleichen Ergebnis. Dann benutzte er Quecksilber. Dieses zog sich zu einer Kugel zusammen, die nur an einem Punkt an der Flasche haftete.

Es handelte sich nun also darum, eine Antriebsart zu finden, die bei hinreichend geringer Beschleunigung die Flucht-

geschwindigkeit erreichen konnte, bei der ein Körper das Schwerkraftfeld der Erde verlässt, und die schon Jules Verne richtig mit 11 Km/sec angegeben hatte.

Jules Verne hatte als Bremsmittel im luftleeren Raum Pulverraketen vorgeschlagen. Oberth konnte sich davon überzeugen, dass der Rückstoss im luftleeren Raum tatsächlich wirken würde. Er füllte einen Kahn mit Steinen an und warf diesen Steine einen nach dem anderen hinaus und beobachtete, dass der Kahn dabei jedesmal einen Stoss erhielt, gleichviel, wo der Stein niederfiel. Es ist einfach eine Auswirkung des dritten Newton'schen Gesetzes, wonach jeder Kraft eine gleichgrosse Kraft gegenübersteht. Wenn man den Stein in der einen Richtung wirft, stösst man mit den Füßen gleichzeitig den Kahn in die andere Richtung. Auf die Rakete übertragen heisst das: Das Treibstoffgewicht soll möglichst hoch, das Leergewicht möglichst gering sein, und das Gas soll möglichst schnell ausströmen.

Oberth konnte in der Folge (er war ja noch Gymnasiast) nicht viel experimentieren, und um wenigstens etwas zu tun, begann er die Physik rückstossgetriebener Geräte wenigstens mathematisch und theoretisch zu untersuchen. Bereits mit 18 Jahren entdeckte er mit Hilfe einer Differentiationsrechnung, dass es für eine in der Atmosphäre aufsteigende Rakete eine günstigste Geschwindigkeit gibt, bei der die Verluste durch Luftwiderstand und Schwere einen Mindestbetrag annehmen, sodass die meiste Antriebskraft der Beschleunigung der Rakets zugute kommt. Da der Luftwiderstand ungefähr mit dem Quadrate der Geschwindigkeit steigt, leistet die Luft der Rakete bald einen unerträglichen Widerstand. Fliegt sie dagegen zu langsam, so muss sie solange gegen ihr eigenes Gewicht ankämpfen und verbraucht dabei ihre Brennstoffe zu stark. Unter der Annahme dieser günstigsten Geschwindigkeit konnte Oberth schon mit 19 - 20 Jahren die wichtigsten Zusammenhänge zwischen Treibstoffver-

brauch, Luftwiderstand, Schwerkraft, erreichter Geschwindigkeit, erreichter Höhe und Fahrtdauer in verhältnismässig einfache mathematische Formeln fassen. Noch im Jahre 1919 hatte Goddard in seinem Buch "A Method of Reaching Extreme Altitudes" behauptet, es sei unmöglich, diese Beziehungen in mathematische Gleichungen zu fassen. Aus der Diskussion dieser Gleichungen konnte Oberth nun ablesen, worauf es beim Bau von Raketenraumschiffen ankommt. Die bis dahin gebauten Raketen waren alle zu leicht gewesen und zu schnell seflogen. Daher ihr überraschend schlechter Wirkungsgrad.

Weiter setzten diese Formel ihn in die Lage, anzugeben, wann flüssige Treibstoffe vorzuziehen sind und wann feste, wann spezifisch leichtere Treibstoffe mit hoher Ausströmgeschwindigkeit vorzuziehen sind und wann spezifisch schwers, von denen man in gleichgrossen Behältern mehr mitnehmen kann, wenn sie auch keine so hohe Ausströmgeschwindigkeit erreichen; weiter, wann eine zusätzliche Apparatur, die die Ausströmgeschwindigkeit erhöht, gewichtsmässig von Vorteil ist und wann nicht, ebenso wie die Frage nach dem Bestwert für den Innendruck einer Brennstoffkammer: ceteris paribus strömt das Gas umso schneller aus, je höher der Innendruck ist, doch dann müssten auch die Wände der Brennkammer stärker werden, wodurch ihr Gewicht steigt.

Ebenso fand Oberth aus diesen Gleichungen das Stufenprinzip. Wenn auf einer grossen Rakete eine kleinere steht, und wenn die grosse abgestossen wird und die kleinere zu arbeiten beginnt, so addieren sich ihre Geschwindigkeiten. Dies sind nur ein paar Beispiele. Oberth war mit diesen Rechnungen in ein völliges wissenschaftliches Neuland vorgestossen und konnte aus seinen Formeln eindeutig ablesen, worauf es beim Bau von Raumschiffen ankommt. Dies ist der Vorteil solcher Buchstaben-Formeln. Ein heutiges Elektronengehirn rech-

net natürlich viel schneller und genauer, aber es liefert immer nur bestimmte numerische Fälle; nicht die allgemeinen Zusammenhänge. ("Übrigens sage ich ausdrücklich: "Ein heutiges Elektronengehirn. Es gibt nämlich schon Maschinen, die aus einer kaum übersehbaren Fülle von Einzeldaten in kurzer Zeit gemeinsame Züge herausfinden, für deren Nachweis ein Statistiker Jahre brauchen würde, falls er sie überhaupt findet, und was zukünftige Elektronengehirne leisten werden, lässt sich heute überhaupt kaum noch ahnen.)

Die Rakete glich damals einem begabten aber armen Jungen, der in einem grossen Betrieb einen bescheidenen Posten versieht. Da er nicht ausgebildet ist, könnte er auch nicht mehr leisten und da er nicht mehr leistet, wird niemand auf ihn aufmerksam. Und wenn (um das Gleichnis weiter zu spinnen), einzelne Freunde von ihm sagen sollten: "In ihm steckt mehr", so glauben das die massgebenden Leute nicht.

Ich denke hier z.B. an den grossen, leider völlig verkannten deutschen Erfinder Hermann Ganswindt, dessen Erfindungen und tragisches Schicksal Oberth erst 1925 bekannt wurden. Er hat den Hubschrauber und den Freilauf erfunden und im Jahr 1891 (also noch vor Ziolkowsky) ein rückstossgetriebenes Raumschiff vorgeschlagen. Weiter denke ich hier an den russischen Gymnasialprofessor Konstantin Eduardowitsch Ziolkowsky, der 1896 ein Rückstoss-Raumschiff vorgeschlagen hatte, der aber auch erst nach 1924 Beachtung fand, als unabhängig von ihm westliche Physiker ähnliche Ideen hatten. (Sein Verleger schrieb z.B. 1924 im Vorwort ausdrücklich "Müssen wir denn alles vom Ausland beziehen, was in den Weiten unserer unermesslichen Heimat geboren wurde und aus Mangel ab Beachtung wieder verkamm.") Oberth hat erst im Jahre 1926 von Ziolkowsky erfahren und in der Folge mit ihm einige Briefe ausgetauscht.

Auf der Hochschule berechnete Oberth nun auch die Bahnen für die freie Fahrt von Raumschiffen im Weltraum, weiter die Sonnenbestrahlung und ähnliches.

Weiter studierte er eifrig die Kreiselgesetze und konnte bald eine automatische Raketensteuerung angeben: Die Fahrtrichtung wurde durch einen Richtkreisel angegeben, der die Ruder elektrisch betätigen sollte. Die Beschleunigung wurde dadurch gemessen, dass ein Gewicht an einer elastischen Feder zog und dabei einen Widerstand betätigte, der den Strom so regelte, dass er der Beschleunigung proportional war. Schickte man diesen Strom über einen Stromzähler, so gab dieser die Geschwindigkeit an. Dies war vielleicht das erstemal, dass ein Analogrechner vorgeschlagen worden ist.

In den Jahren 1921 - 1922 schrieb Oberth seine Doktorarbeit über die Möglichkeit der Weltraumfahrt. Seine Kenntnisse über das Verhalten des menschlichen Körpers bei Andruckfreiheit hatte er inzwischen weitgehend verbessert. Dass die Schwerelosigkeit körperlich für kurze Zeit nicht schaden kann, war vorauszusetzen. Die Befürchtungen mancher Leute, z.B. die Speisen würden nicht im Magen bleiben, konnte Oberth schon mit 14 Jahren dadurch widerlegen, dass er auf dem Kopfe stehend einen Apfel ass, Mann kann also gut von unten nach oben schlucken.

Ebenso ist jede andere physiologische Funktion des Menschen von der Existenz, Richtung und Grösse des Andrucks unter einer Erdschwere sicher unabhängig.

Doch wie ist es mit der psychologischen Wirkung der Andruckfreiheit; Hier nun zog Oberth seiner scharfsinnigsten Schlüsse, er sagte sich nämlich: Wenn man die seelische Wirkung eines Ereignisses auf den Menschen untersuchen will, genügt es, wenn man seinen Sinnen das Ereignis glaubhaft vorspiegeln kann. Ganz grob gesprochen: Wenn ein Psychologe z.B.

Untersuchen will, welche Wirkung die Nachricht vom Tode ihres Sohnes auf eine Mutter hat, so hat er es nicht nötig, den Sohn wirklich totsuschlagen, es genügt schon völlig, wenn er es so weit bringen kann, dass die Mutter diese Nachricht glaubt, auch wenn sie in Wahrheit nicht stimmt.

Oberth hatte während des ersten Weltkrieges Zugang zu den Drogen eines Notreservespitals. Er wusste, dass Skopolamin hauptsächlich die Gleichgewichtsorgane des menschlichen Körpers betäubt. Alkohol betäubt die Muskel- und Gelenkfunktionen. Wenn also diese Organe ausgeschaltet sind, fühlt man sich wie ein Raumfahrer im schwerelosen Zustand. Um auch die Hautempfindungen auszuschalten, die uns ebenfalls eine Orientierung über unsere Lage im Raum geben, legte sich Oberth in eine grosse Badewanne und hielt auch den Kopf unter Wasser. Die Atemluft saugte er aus einem Schlauch. Ein Freund beobachtete den Versuch. Als die Wirkung der Gifte einsetzte, drehte Oberth sich ein paarmal um die eigene Achse. Er hatte jede Orientierung verloren und schob den Stab, den er in die Senkrechte bringen sollte, völlig planlos hin und her. Er hatte zwar ein Gefühl für oben und unten, weil wir uns ohne die Denkkategorien "oben" und "unten" nichts vorstellen können, doch die Gefühle entsprachen (ähnlich wie beim Traume) nicht mehr der Wirklichkeit. Es war den Sinnen Andruckfreiheit vorgetäuscht worden. Dieser Versuch hatte eine halbe, bis dreiviertel Stunde gedauert. Dann musst er abgebrochen werden, weil Oberth unter dem Einfluss des Skopolamins sehr schläfrig wurde. (4 Jahre später hat dann der Prager Professor Dr. Starkenstein die Vasano-Tabletten gegen Seekrankheit erfunden, die neben Skopolamin auch Atropin enthalten, das das Gleichgewichtsorgan ebenfalls betäubt, aber im Gegensatz zum Skopolamin nicht einschläfernd sondern aufregend wirkt, so dass der Mensch munter bleibt).

Damit war nun die Möglichkeit der Weltraumfahrt im Grunde erwiesen, denn länger als eine halbe Stunde brauchte man den Menschen der Schwerefreiheit ja nicht auszusetzen, man konnte später Schwere, d.h. Andruck, künstlich erzeugen, indem man zwei Kapseln mit einem langen Drahtseil verband und sie um dem Mittelpunkt kreisen liess.

Oberth ist im Grunde sogar dagegen, den Menschen anderen als seinen natürlichen Lebensbedingungen auszusetzen. Sein Wahlspruch lautet: "Die Technik ist erst dann am Ziel, wenn sie dem Menschen in einer ihm feindlichen Umwelt seine natürlichen Lebensbedingung schaffen kann. Das schliesst aber natürlich nicht aus, dass man alles untersuchen soll, was sich überhaupt untersuchen lässt, z.B. auch das Verhalten des Menschen unter ungewöhnlichen Verhältnissen".

Wie erwähnt, hatte Oberth schon alles, was man beim Bau von Raketen wissen muss, ins Auge gefasst und, soweit nicht schon andere diese Formeln aufgestellt hatten, selbst Formeln dafür gefunden. In seiner Doktorschrift wollte er eigentlich nur die Möglichkeit der Weltraumfahrt mit den heute bekannten technischen Mitteln beweisen, doch um sich nicht sagen zu lassen: "Ja lieber Freund, was Du da vorgebracht hast, ist ja ganz schön berechnet, doch die heutige Technik kann so etwas nicht schaffen", brachte er für alle auftretenden Probleme beispielsweise technische Lösungen und ist eigentlich selbst davon überrascht, wie viele davon in die heutige Raketentechnik Eingang gefunden haben. Als Beispiele erwähne ich hier:

Die Verwendung von 70%igem Alkohol und flüssigem Sauerstoff bei der Unterstufe und von Wasserstoff und Sauerstoff bei den Oberstufen, die Gesamtformgebung, die Anordnung der Tanks, des Feuerraumdruckes, das Verhältnis von Ofenräumen zum engsten Düsenquerschnitt und das Verhältnis dieses Querschnitts zum Mündungsquerschnitt, die Ausbauchung der Lavaldüsen,

die Graphitrunder im Feuerstrahl, die Schlsierkühlung und die Regenerativkühlung, die Pumpenförderung der Kraftstoffe, der Ansatz der Luftstaudruckes auf die Kraftstofftanks usw. Über die automatische Steuerung habe ich schon berichtet. Auch der Vorschlag Oberth's, die Raumschiffe nicht so sehr statisch, sondern durch einen leichten Innenüberdruck zu versteifen, fand in der Leichtbauweise der "Atlas"-Rakete Verwendung. Im ganzen haben der verstorbene Professorg Sängler und Herr Ananoff 95 Ideen genannt, die heute bereits Eingang in die Raketentechnik gefunden haben, das ist die überwiegende Mehrzahl.

Da die Arbeit Oberth's als Doktordissertation abgelehnt worden war, veröffentlichte er sie auf eigene Kosten im Jahr 1923 unter dem Titel "Die Rakete zu den Platenenräumen" im R. Oldenbourg Verlag. Die Kontroverse, die sich darauf erhob, gab ihm Anlass, im Jahr 1929 ein neues erweitertes Raketenbuch "Wege zur Raumschiffahrt" zu schreiben, wo er auch den Aufstieg bemannter Raketen, auf die Probleme bei der Landung, die Energiefragen, die Orientierung im Raum das elektrische Raumschiff einging. Dieses Buch gilt auch heute noch als Grundlage der Raketentechnik, wurde 1929 mit dem RKP-Hirsch-Preis ausgezeichnet, 1946 von der Firma Edward Brother's in den USA im Lithotypiedruck reproduziert und 1965 ins Japanische übersetzt.

Im Jahr 1929 begann Oberth nun endlich auch seine technischen Versuche auf dem Raketenflugplatz in Berlin. Da seine Mittel nicht ausreichten, nahm er dankbar die Hilfe von Studenten der technischen Hochschule an, die dabei natürlich auch viel lernten. Unter diesen war der bedeutendste Prof. Der Werner von Braun, der sich ebenfalls als Schüler Hermann-Oberth's bezeichnet und später, wie man weiss, den Mondflug auch verwirklicht hat.

Das Verdienst Oberth's besteht darin, dass er den Weg der Raumfahrtentwicklung theoretisch vorgezeichnet hat. Der Umstand, dass die Raketentechnik und Raumfahrt verglichen mit der Fliegerei eigentlich verhältnismässig wenig Opfer gekostet hat, ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die Fliegerei ein Sprung in ein unbekanntes Element war, während bei der Raumfahrt die meisten Gefahren und die meisten dagegen zu ergreifenden Massnahmen schon vorher bekannt waren. Dieses dürfte das Hauptverdienst Hermann Oberth's sein.

I. S ä n g e r - B r e d t, E. S c h ä f e r (B R D)

BEITRÄGE EUGEN SÄNGER'S ZUR ENTWICKLUNG
DER RAUMFAHRT-TECHNIK

Der Einfluss Eugen S ä n g e r 's auf die Entwicklung der Raumfahrt-Technik erstreckt sich auf Lehre und Forschung, auf die technische Entwicklung durch Vorschlag und Förderung konkreter Projekte und auf die Klärung kultureller, soziologischer und weltanschaulicher Aspekte der Raumfahrt.

In unserem Bericht über diese Schwerpunkte seiner Lebensarbeit werden wir zunächst die wesentlichen Projekte Eugen S Ä N G E R 's auf dem Gebiet der Raumfahrt- und Raketetechnik und schliesslich seine Beiträge zur Raumfahrtlehre und zur Organisation internationaler Zusammenarbeit im Bereich friedlicher Raumfahrt behandeln.

1. Die wesentlichen Projekte Eugen S Ä N G E R 's auf dem Gebiet der Raumfahrt- und Raketen-Technik

Die Verwirklichung einer jeden technischen Idee scheint nacheinander mehrere bestimmte, charakteristische Entwicklungsstadien zu durchlaufen, deren Trägern man etwas schematisiert als "Träumer", "Erfinder", "Konstrukteure" und "Realisi-



Bild 1: Eugen SÄNGER vor Erdglobus

satoren" bezeichnen kann. Dabei gelten die Träger der beiden mittleren Stadien als die "Pioniere" der neuen Technik, als deren Pioniere der ersten und zweiten Generation.

Zu den Pionieren der zweiten Generation auf dem Gebiet der Raketen- und Raumfahrt-Technik zählt - zumindest in der ersten Hälfte seines Lebens - auch der am 22. September 1905 in dem böhmischen Kleinstädtchen Pressnitz geborene spätere Hochschulprofessor Eugen SÄNGER (BILD 1).

Der Dichter und "Träumer", der dem dreizehnjährigen Knaben Eugen schon in seiner Realschulzeit den Wunsch nach Raumfahrt einpflanzte, war Kurt LASSWITZ mit seinem Roman "Auf zwei Planeten". Der Pionier der ersten Generation, dessen Gedanken ausschlaggebend für Eugen SÄNGER's spätere Be-

ruswahl wurden, war Hermann OBERTH mit seinem genialen Buch "Die Rakete zu den Planetenräumen". Eugen SÄNGER, der zu Beginn seiner Studien im Herbst 1923 an der Technischen Hochschule Graz zunächst allgemeines Bauwesen belegt hatte, begann nach der Lektüre von OBERTH's Buch sogleich, seine eigenen Hochschulstudien in Richtung Luftfahrt zu verändern.

Auffallend und zugleich charakteristisch für Eugen SÄNGER ist, dass er sich trotz aller Begeisterung für OBERTH und seine Ideen von vornherein von dessen konkretem Realisierungsprogramm rein ballistischer Trägerraketen löste und - ähnlich wie seine österreichischen Landsleute VALIER, VON HOEFFT und VON PIRQUET - einen mehr kontinuierlichen Übergang von der Luftfahrt zur eigentlichen Raumfahrt anstrebte. Diesen "aeronautischen Weg in den Weltraum" bezeichnete er als das Ziel der sogenannten "Wiener Schule".

Mit welcher Systematik Eugen SÄNGER als Ingenieur und Forscher vorging, lassen Programmnutzen erkennen, die sich in seinem Nachlass fanden. In einem der frühesten dieser vorgefundenen Programme, das aus der Zeit um 1929 stammen dürfte, zählt er unter dem Stichwort "Bauten" folgende Entwicklungen auf: "Stratosphärenflugzeug - Raumboot - Aussenstation - Planetenschiff - Raumschiff" und unter dem Stichwort "Schriften, Hauptarbeiten": "Stratosphärenflug - Kosmoteknik- Biotechnik".

Eugen SÄNGER, der unter Raumfahrt in erster Linie immer bemannte Unternehmungen verstand, sah also in der Realisierung seiner ersten Projekte, des "Stratosphärenflugzeugs" und des "Raumboots" (Raumtransporters) nur die allerersten Schritte zur Verwirklichung von Raumfahrt, die er jedoch nicht zu überspringen wünschte, wie es die spätere Entwicklung tat.

In dem Entwurf zu seinem 1929 geplanten Buch "Kosmoteknik" sind acht Kapitel vorgesehen: "Vom Sinn der Kosmoteknik -

Die Rakete als Antriebsmotor - Das Raketenflugboot - Der Raketenflug, einstufiger Vorstoss in den Weltraum - Die Erdaussendestation - Das Raumschiff - Die Raumfahrt - Auswirkungen". Man findet in den stichwortartigen Notizen hierzu neben chemischen Flüssigkeitsraketenantriebswerken bereits "Radium-" und "Röntgen"- Raketen erwähnt, wobei unter Radium-Raketen im heutigen Sprachgebrauch kernchemische beheizte Raketenantriebswerke, unter Röntgen-Raketen SÄNGER's spätere "Photonen-Raketenantriebswerke" verstanden werden. Ferner findet man ausführliche Begründungen für die Notwendigkeit von orbitalen Erdaussendestationen und eine Aufzählung ihrer verschiedenen Funktionen, Konstruktionszeichnungen, Erwägungen über den Einfluss der Relativitätstheorie auf die Kosmonautik, kurzum, neben unvollendet Gebliebenem die Ansätze zu allen späteren erfolgreichen Arbeiten. Im letzten Abschnitt des Entwurfs werden als "Auswirkungen" von Raumfahrt einige erst 20 bis 30 Jahre später für die Allgemeinheit bewusst und aktuell gewordene Möglichkeiten erörtert, wie erweiterte geologische, astronomische und astrophysikalische Forschung, "Eingriffe in geologische und meteorologische Naturvorgänge", "Sonnenergienutzung", "Hebung von Naturschätzen fremder Planeten" und schliesslich gar so heikle Themen wie "Kultur-Protectorate" mittels Raumfahrt.

Seine ursprüngliche Absicht, im Sommer 1929 auf dem Gebiet der "Raketen-Flugtechnik" zu promovieren, hat Eugen SÄNGER auf Rat seines Lehrers der Luftfahrtwissenschaften, Prof. R.KATZMAYR, aufgegeben und erlangte seine Promotion am 5. Juli 1930 - statt über das "Flugboot" - brav und erfolgreich mit der Arbeit über das Thema: "Die Statik des vielmächtig-parallelastegigen, ganz- und halbfreitragenden, mittelbar und unmittelbar belasteten Fachwerkflügels".

In der Einleitung zu seiner als Dissertationsschrift vorgesehenen Studie über "Raketen-Flugtechnik" heisst es un-

ter anderem: "Diese Untersuchung besteht aus einer rein theoretischen, kritischen Vergleichung der verschiedene Möglichkeiten des Vorstosses in den Weltraum, errechnet die wirtschaftlichste Weise und sicherste Methode (Flugboot - Aussenstation - Raumschiff) und liefert eine geschlossene Theorie dieser Methode".

Das im Jahr 1969 - also fünf Jahre nach Eugen SÄNGER's Tod - von der amerikanischen Raumfahrtbehörden NASA angekündigte Post-APOLLO-Program mit den vier Schlüsselementen: "space station module", "space tug", "space shuttle" und "nuclear space shuttle" entspricht genau dem grundsätzlichen Konzept Eugen SÄNGER's aus dem Jahre 1929.

Bei der Durchrechnung seiner früheren Projekte, über die verschiedene Veröffentlichungen (LIT. 1-5) vorliegen, hatte Eugen SÄNGER bald erkannt, dass eine vernünftige Auslegung der Zelle und Abschätzung ihrer voraussichtlichen Flugleistungen erst möglich war, wenn experimentell gesicherte Daten über mögliche Triebwerksleistungen vorlagen. Im sogenannten "Bauhof" des Instituts für Baustoffkunde der Technischen Hochschule Wien (BILD 2) führte er daher von Dezember 1932 bis Oktober 1934 auf eigene Faust systematische Versuche mit selbstgebauten Modell-Brennkammern von grössenordnungsmässig 10 cm^2 Hauptspantquerschnitt aus. Aus dem noch erhaltenen, sehr ausführlichen Tagebuch über "Modellversuche mit Gleichdruck-Raketenflugmotoren" (BILD 3) geht hervor, dass in 235 Einzelversuchen mit diesen kleinen Modell-Brennkammern für flüssigen Sauerstoff und Gasöl bei Schüben bis zu etwa 30 kp und Brennkammerdrücken bis zu 50 at, wirksame Auspuffgeschwindigkeiten von 3000 m/s und Betriebsdauern von 26 Minuten erreicht wurden.

Als theoretische Erkenntnisse aus seinen Versuchen und als Gütemassstab für Raketentriebwerke prägte Eugen SÄNGER



Bild 2: SANGER's Raketenprüf
der TH Wien stand im "Bauhof"

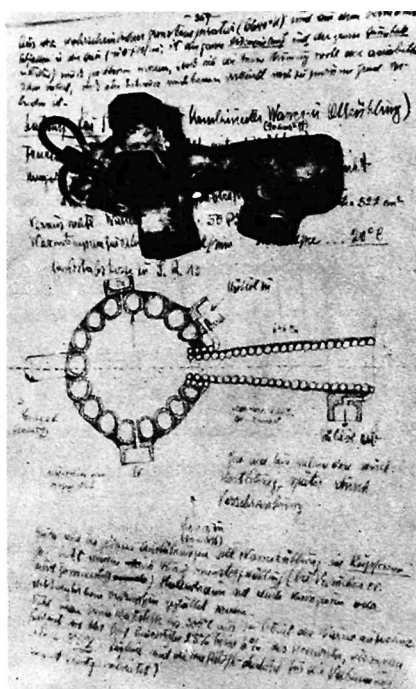


Bild 3: Seite aus SÄNGER's
Tagebuch mit Modellbrennkammer

anschliessend den Begriff der "wirksamen Auspuffgeschwindigkeit" sowie den Begriff der "charakteristischen Ofenlänge", die für die Aufenthaltsdauer der Feuergase in der Brennkammer verantwortlich ist.

Die technologischen Erkenntnisse, die Eugen SÄNGER bei seinen Versuchen mit Modellraketenbrennkammern gewann, sind in Patentgrundlagen von Ende 1934 enthalten und umfassen:

- Hochdruckfeuerung.
- Herstellung der Brennkammern und Düsen aus Rohren mit Zwangslaufkühlung durch Treibstoffe (BILD 4).
- Verwendung von Metallen in reiner Form als Brennstoff oder als Zusatz zu anderen Brennstoffen,

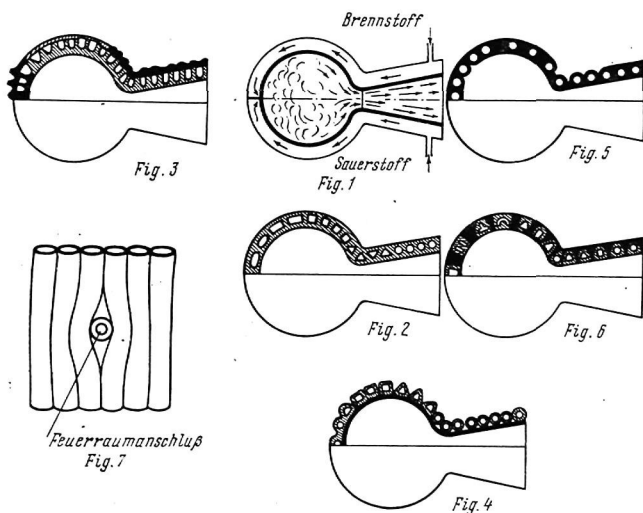


Bild 4: Zeichnungen zu Kühlpatent

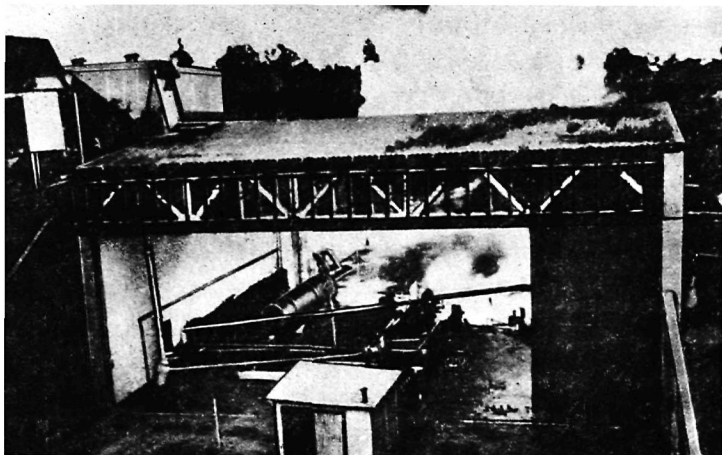


Bild 5: Prüfstandsanlage in Trauen

- Antrieb der Kraftstoffpumpen durch das Feuergas des Motors,
- Grosse Schnellläufigkeit der Flüssigsauerstoffpumpen,
- Expansionsdüse mit gekühlter Wand und Öffnungswinkeln der Düse grösser als 25° und kleiner als 270° .

Diese Erfolge brachten Eugen SÄNGER am 1. Februar 1936 eine Berufung nach Deutschland, wo er von der DEUTSCHEN VERSUCHSANSTALT FÜR LUFTFAHRT (DVL) mit der Planung eines rakete-technischen Forschungsinstituts und dem Entwurf eines Forschungsprogramms für Flüssigkeitsraketen-triebwerke beauftragt wurde.

Auf dieser Grossforschungsanlage mit einem Horizontalprüfstand für Gleichdruck-Raketen von bis zu 100 Mp Schub (BILD 5) sowie einer Erzeugungs- und Speicheranlage für Flüssigsauerstoff von 56 t Fassungsvermögen in Trauen in der Lüneburger Heide wurden ab Februar 1939 unter Leitung Eugen

SÄNGER's zahlreiche Triebwerksversuche mit Hochdruckraketen von 1 M² Schub vorgenommen.

Neben diesen Prüfstandsversuchen, bei denen Feuergasdrücke bis zu 100 at und wieder wirksame Auspuffgeschwindigkeiten bis über 3000 m/s im stationären Betrieb erreicht wurden, leiften zahlreiche kleinere Experimente und theoretische Arbeiten, die hier nur kurz aufgeführt werden können;

- erfolgreiche Brennversuche mit Leichtmetall-Dispersionen in Gasöl und Wasserstoff-Sauerstoff-Brand;

- Entwurf optimaler Zellenformen für Hyperschall-Raketenflugzeuge mit halbogivaler Rumpfspitze und keilförmigen Flügelprofilen (BILD 6) und Vermessung ihrer Unterschall-Polaren;

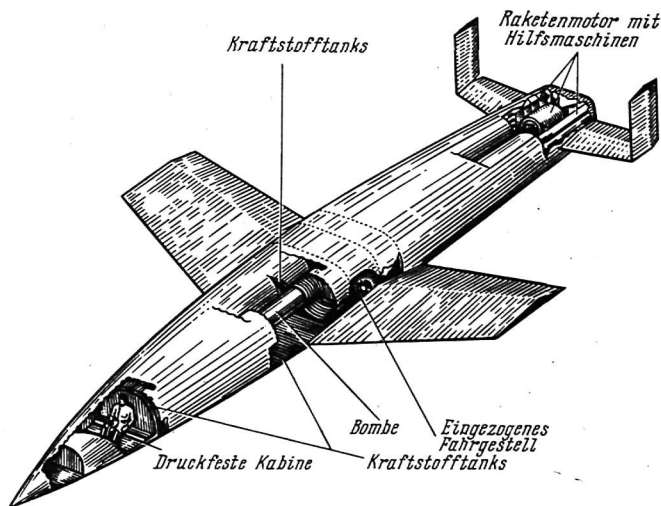


Bild 6: Skizze des "Fernbombers"

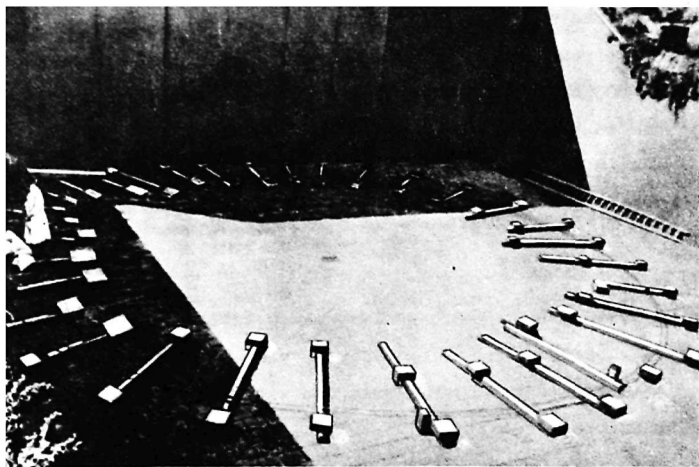


Bild 7: Gleitreibungsversuchsanlage

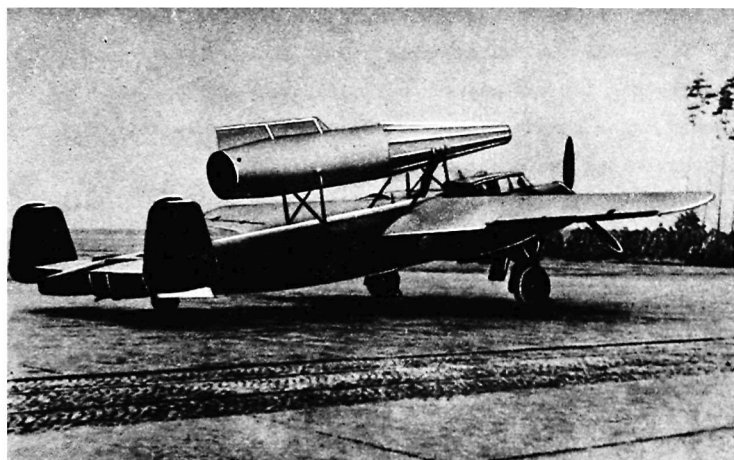


Bild 8: Do 217 mit Versuchsaufbau

- Aufbau und Betrieb einer Versuchsanlage für die erstmalige Untersuchung der Gleitreibung bei Gleitgeschwindigkeiten bis 800 m/s (BILD 7) als Vorbereitung eines Startschlittens bis zu 500 m/s;

- seit 1939: Durchführung von Boden- und Flugschleppversuchen mit neuartigen Hochtemperatur-Staustrahltriebwerken (BILD 8, LIT. 25 und 36) nach dem Prinzip des Franzosen René LORIN.

Neben allen diesen experimentellen Arbeiten liefen grundlegende theoretische Untersuchungen, wie

- Entwicklung einer Theorie des semiballistischen erdnahen Raumflugs mit minimalem Energieaufwand durch Eugen SÄNGER, die später als "Rikoschettier-" oder "Hüpf-Flug" (BILD 9) bekannt wurde;

- gemeinsam mit seiner Mitarbeiterin Irene BREDT: Begründung einer als "Caskinetik" bezeichnete Strömungslehre, die erstmals die Berechnung von Luftkräften in sehr grossen Flughöhen in freier Molekularströmung gestattete;

- ebenso in Zusammenarbeit mit Irene BREDT: exakte Berechnung der Triebwerksströmung in Raketen- und Staustrahl-Systemen unter Berücksichtigung der endlich grossen Einstellgeschwindigkeiten des Gleichgewichts eines jeden Prozesses.

Wegen der kriegsbedingten Treibstoffknappheit mussten die Grossversuche am Raketenprüfstand in Trauen im April 1942 abgebrochen werden, die Flugschleppversuche mit Staustrahltriebwerken im April 1944.

Eugen SÄNGER und Irene BREDT hatten die auf dem Gebiet der Raketenflugtechnik gewonnenen Erkenntnisse in einem Projektbericht "Über einen Raketen-Raumflugzeug" zusammengefasst. Dieser Bericht wurde im August 1944 als Geheime Kommandosache mit dem Titel "Über einen Raketenantrieb für Fernbomber" (LIT. 10) veröffentlicht, nachdem er zuvor durch einige "mi-

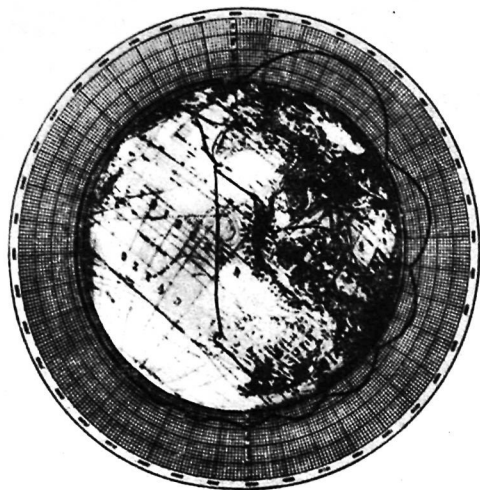


Bild 9: Rikoschettier - Flugbahnen

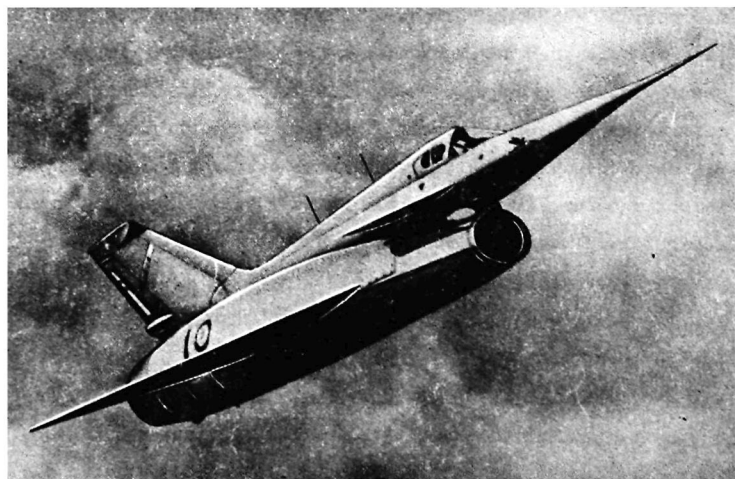


Bild 10: Französisches Experimentalflugzeug
"GRIFFON"

litärische" Kapitel erweitert worden war. Das Projekt "Fernbomber" erregte nach Beendigung des Krieges allenthalben Aufsehen und diente als Grundlage zu interessanten Entwicklungen in verschiedenen Ländern, zum Beispiel dem berühmten amerikanischen Versuchsflugzeug NAA X-15.

Für Eugen SÄNGER war die Zeit der grossangelegten Prüfstands- und Flugversuche aus weltpolitischen Gründen seit 1944 zu Ende. Als beratender Ingenieur ging er im Juli 1946 mit einigen seiner Mitarbeiter nach Frankreich, wo er neben wichtigen theoretischen Arbeiten Raketenmotorenentwicklungen betreute und die Entwicklung einiger anderer französischer Projekte, wie der Panzerabwehrrakete SS-10, des bemannten Staustrahl-Versuchsflugzeugs GRIFFON BILD 10) und des Staustrahl-Flugkörpers R.010 beriet.

In diese Zeit fallen einige wichtige theoretische Arbeiten Eugen SÄNGER's, wie der Vorschlag von Luftzumischung zum Abgasstrahl von Strahltriebwerken zwecks Schuberrhöhung (1947), eine Theorie über den Mechanismus der Gemischaufbereitung in stationären Feuerungen (1948), eine Theorie über den Mechanismus der Pulververbrennung (1950), die Theorie der thermischen Verstopfung bei adiabatischer Strömung (1949) und Vorschläge zur Herabsetzung der Grenzschichtreibung und Grenzschichterwärmung durch Verwendung von Oberflächen mit überwiegend spiegelnder Reflexion (1953).

Zu den erregendsten Arbeiten Eugen SÄNGER's während seines Aufenthalts in Frankreich dürfte indes die Wiederaufnahme einer Idee zählen, die er erstmalig bereits in seinen Notizen aus dem Jahre 1929 fixiert hatte, der Idee des Phototriebs und seiner möglichen technischen Bedeutung für die Weltraumfahrt. Es würde hier zu weit führen, auf Einzelheiten dieser umfangreichen Arbeiten näher einzugehen, doch sei ein wesentliches Resultat der angestellten Überlegungen ange-

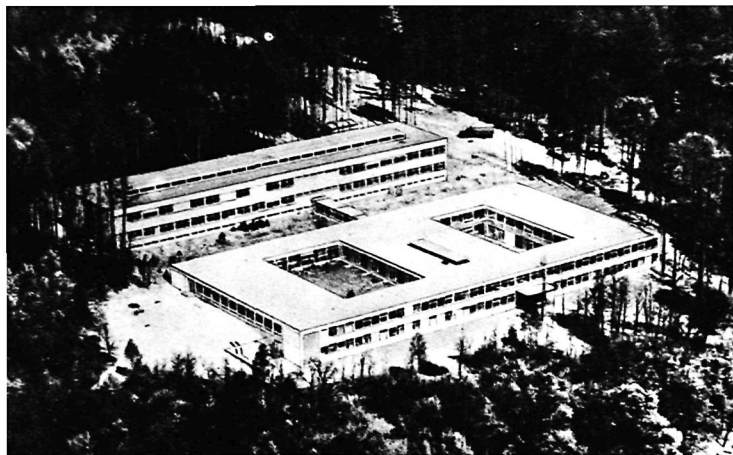


Bild 11: Zentralgebäude FPS

führt: Eugen SÄNGER wies nach, dass Menschen - nach den Gesetzen der speziellen Relativitätstheorie 'EINSTEIN'S' - grundsätzlich in der Lage sein müssten, innerhalb ihrer Lebensdauer beliebig weit entfernte kosmische Objekte zu erreichen, ohne allerdings damit rechnen zu können, bei einer versuchten Rückkehr ihren Heimatplaneten noch vorzufinden.

Nachdem das Verbot der alliierten Siegermächte von Luftfahrtforschung in der Bundesrepublik Deutschland sich zu lockern begann, war Eugen SÄNGER im Herbst 1954 einem Ruf nach Stuttgart gefolgt, wo er ein Forschungsinstitut eigens für den Übergangsbereich zwischen Luft - und Raumfahrt aufbauen sollte, wie es bis dahin noch nirgendwo existierte.

Es kam jedoch zu keinen grösseren Versuchsarbeiten mehr für Eugen SÄNGER. Unmittelbar nachdem die Versuchslabors des Zentralbaus im Pfaffenwald (BILD 11) - mit den Abteilungen Thermodynamik und Strömung, Plasmaphysik, Photonik, Molekularstrahlphysik, Hochtemperaturspektroskopie, Verbrennungsraketen (BILD 12), Treibstoffchemie und Heisswasserraketen und Staustrahlen (BILD 13) - im Sommer 1961 betriebsfähig ge-



Bild 12: Modell von Lampoldshäuserer Raketen -
Versuchsanlage

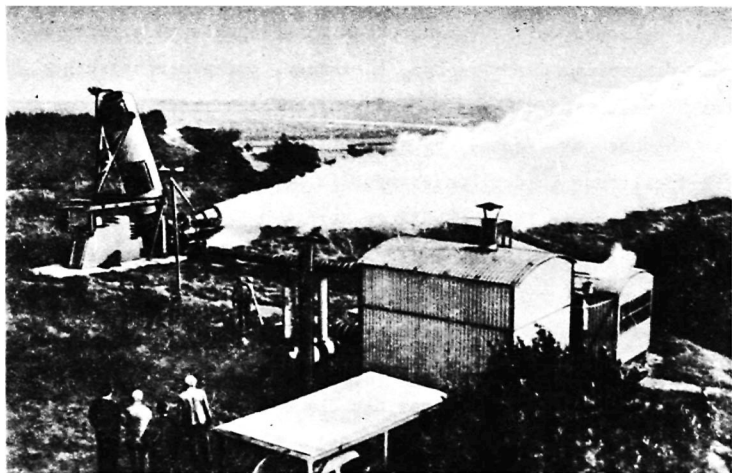


Bild 13: Heisswasser - Raketenprüfstand in Stuttgart

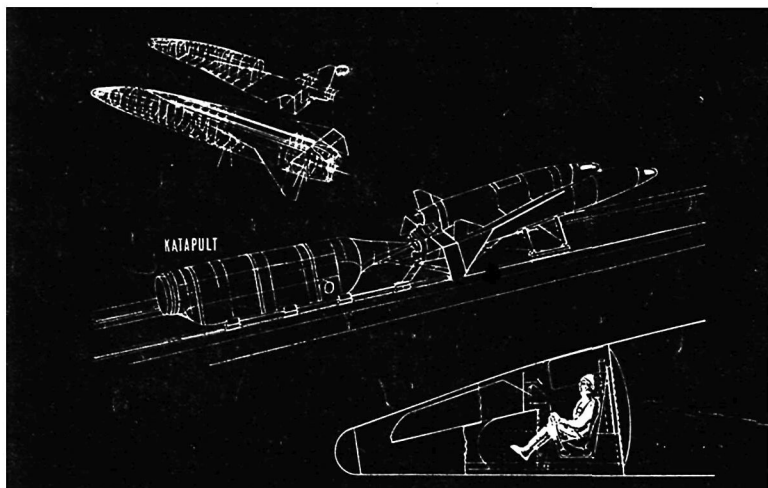


Bild 14: JUNKERS Raumtransporter - Projekt

worden waren. Wurde der ganze Komplex auf Wunsch der bundesdeutschen Behörden in eine Reihe selbständiger Institute aufgegliedert und als Ganzes der DEUTSCHEN VERSUCHSANSTALT FÜR LÜFTFAHRT (DVL) angeschlossen. Eugen SÄNGER folgte zu Beginn des Jahres 1963 einer Berufung als ordentlicher Professor auf den neugeschaffenen Lehrstuhl für "Elemente der Raumfahrttechnik" der Technischen Universität Berlin, wo er bis zu seinem Tode am 10. Februar 1964 wirkte.

In seiner nebenamtlichen Tätigkeit als Berater bundesdeutscher Luft- und Raumfahrt-Industrien hatte Eugen SÄNGER in den Jahren 1961 bis 1964 noch einen umfangreichen Hausbericht der Firma JUNKERS FLUGZEUG- UND MOTORENWERKE AG über "Vorschläge zur Entwicklung eines Europäischen Raumflugzeugs" (LIT. 49) ausgearbeitet. Diese Vorschläge betrafen Vorstudien zu einem kleineren, bemannten Raumflugzeug von ca. 250 t Nutzlast (BILD 14) für Transportmissionen in eine 300 km-Er-

dumlaufbahn; es war horizontaler Katapultstart mittels Heisswasser-Raketenantrieb, in der ersten Entwicklungsphase Zweistufigkeit mit Flüssigwasserstoff-Flüssigsauerstoff-Raketenantrieben bekannter Bauart ($w = 4200 \text{ m/s}$) und in der folgenden Phase Einstufigkeit bei Impulserhöhung des Abgasstrahls durch staustrahlartige Ummantelung des Flüssigkeitsraketenantriebs vorgesehen.

Noch am letzten Vormittag seines Lebens vollendete Eugen SÄNGER ein Kapitel seines Raumtransporterprogramms. Er widmete so seine letzten Stunden im Grunde dem gleichen Projekt, das ihn in seinen Jugendjahren als Erstes beschäftigt hatte und von dem in seinen Wiener Tagebuchnotizen zu lesen stand: "Und meine Silbervögel werden d o c h fliegen!" (LIT. 52).

2. Eugen SÄNGER's Beiträge zur Raumfahrt-Lehre und zur Organisation internationaler Zusammenarbeit im Bereich friedlicher Raumfahrt

Eugen SÄNGER's Wirken beschränkte sich zu keiner Zeit seines Lebens auf die Eroberung technischen Neulands allein. Vom Beginn seiner Laufbahn an setzte er sich ebenso sehr für die Förderung der reinen Lehre und für die Aufklärung der kulturellen, soziologischen und weltanschaulichen Aspekte von Raumfahrt ein.

Sein 1933 vom Verlag OLDENBOURG in München veröffentlichtes Buch "Raketen-Flugtechnik" (LIT. 3) stellte ein erstes wissenschaftliches Lehrbuch der neuen Technik dar.

Von zwischenzeitlichen kurzen Lehrtätigkeiten abgesehen, erfuhr Eugen SÄNGER die Krönung seiner Laufbahn als Hochschullehrer im Dezember 1962 durch die Berufung als ordentlicher Professor an den neugeschaffenen Lehrstuhl für "Elemente der Raumfahrttechnik" der Technischen Universität Berlin.

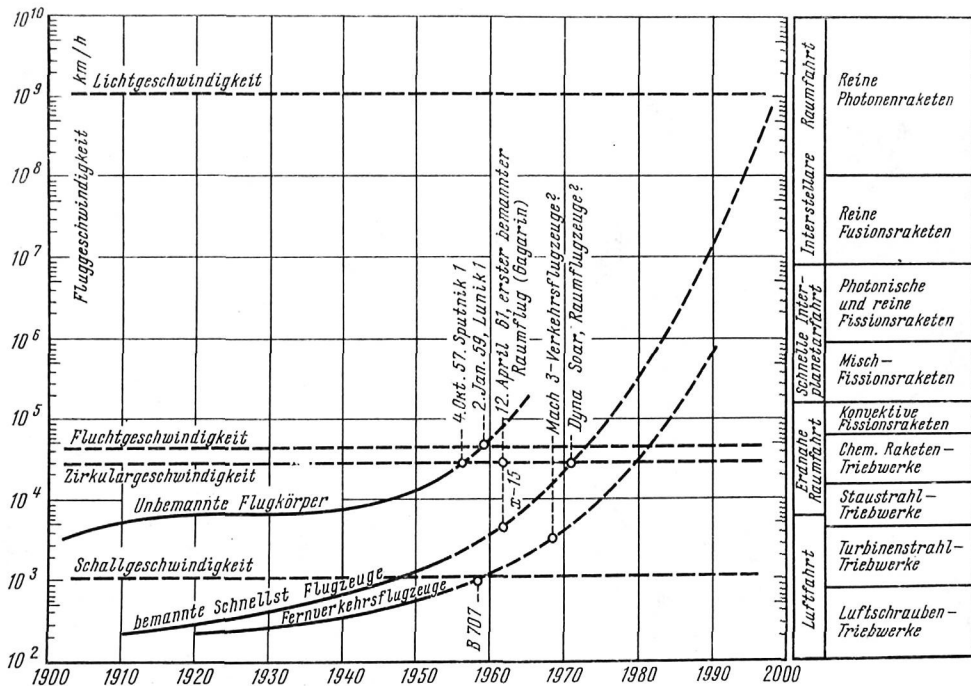


Bild 15: Zeitplan der Raumfahrt nach SÄNGER

LIT. 23) nach, wie rasch nationale Kapazitäten dabei überschritten werden.

Eugen SÄNGER hat Raumfahrt immer als ein Anliegen der gesamten Menschheit aufgefasst.

Als Förderer internationaler Zusammenarbeit wurde er zum ersten Präsidenten der Internationalen Astronautischen Föderation (IAF) gewählt, war Gründungsmitglied der Internationalen Astronautischen Akademie (IAA) und Ehrenmitglied zahlreicher Raumfahrtgesellschaften der Welt. In Zusammenarbeit mit den 1958 gegründeten "Ständigen Komitee für Weltraumrecht" der IAF entwarf Eugen SÄNGER ein vielverwendetes Diagramm der Anwendungsbereiche der verschiedenartigen Luft- und Raumfahrzeuge (BIDL 17), das eine obere Grenze des Bereichs nationaler Souveränität nach technischen Gesichtspunkten lieferte.

Als einen Höhepunkt seines Lebens empfand er auch den Tag, an dem er im Februar 1956 in Freudenstadt die erste persönliche Begegnung zwischen den offiziellen Vertretern der russischen und amerikanischen Satellitenprogramme vermitteln konnte.

Die ausgeübte Beratungstätigkeit bei der Gründung der EUROPEAN LAUNCHER DEVELOPMENT ORGANIZATION (ELDO) und der EUROPEAN SPACE RESEARCH ORGANIZATION (ESRO) stellte Eugen SÄNGER nicht immer ganz zufrieden. So war er überglücklich, als es ihm gelang, die EUROSPACE, eine Vereinigung von 86 europäischen Firmen, für die Planung eines europäischen Raumtransporters zu interessieren.

Im Januarheft 1964 der Zeitschrift FLUGWELT veröffentlichte er unter dem Titel "Jetzt oder nie - Sternstunde der europäischen Raumfahrt" einen Appell an die europäischen Staaten zu gemeinsamer Realisierung eines bemannten Transportflugzeugs für Antipodenflug und Missionen zwischen der Erdoberfläche und einer Erdaussenstation, des Raumtransporters.

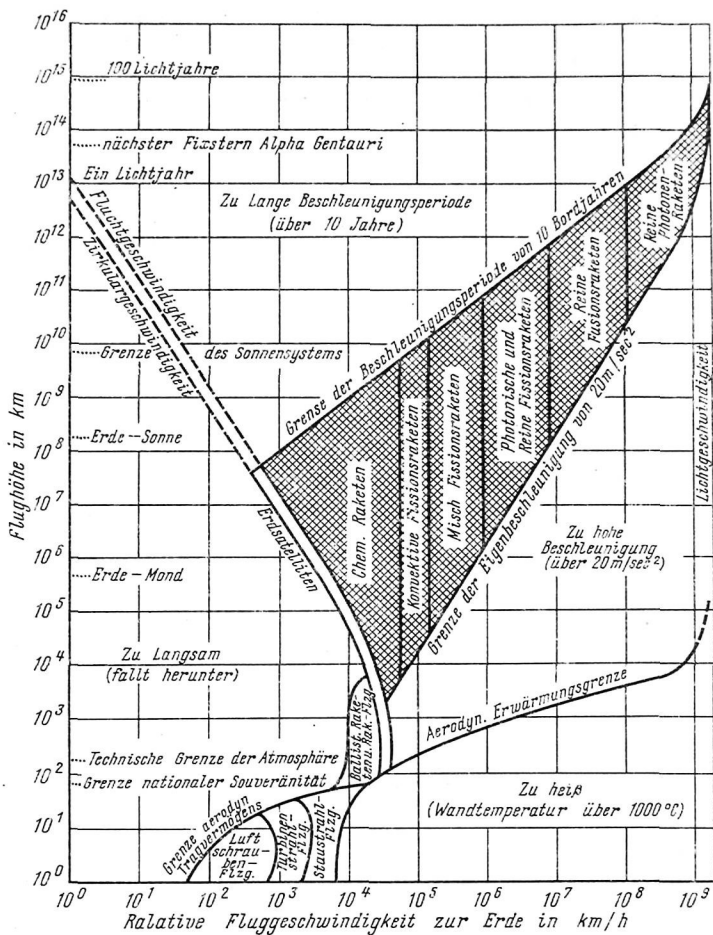


Bild 17: Diagramm der Fluggeschwindigkeiten und Flughöhen

Durch die amerikanische Mondlandung im Jahr 1969, durch die russischen Ersterfolge beim Betrieb von Erdaussenstationen im Jahr 1971 und durch das amerikanische Post-APOLLO-Program wurde die Arbeit Eugen SÄNGER's inzwischen bestätigt.

Ein kleiner Krater auf der Mondrückseite, 4° Nord und 102° Ost, den die INTERNATIONALE ASTRONOMISCHE UNION im Herbst 1970 auf Eugen SÄNGER's Namen taufte, erinnert die Nachwelt an die Beiträge dieses Forschers zur Entwicklung der Raumfahrt.

Literaturverzeichnis

1. Säng. Über Bau und Leistungen der Raketenflugzeuge, Deutsch-Österreichische Tageszeitung. Wien, 1933, Folge 35, Seite 11 und Folge 38, Seite 9.
2. E.Säng. Modellversuche mit Gleichdruck-Raketenflugmotoren. Wien 1933/34 (unveröffentlicht, Photokopie im Washington Air and Space Museum).
3. E.Säng. Raketenflugtechnik. Verlag R. Oldenburg, München, 1933.
4. E.Säng. Der Entwicklungsweg der Raketenflugtechnik. Zs. Flug 1933, Heft 5/6, S.4-6, Heft 7/8, S.5-7, Heft 9/10, S. 7-8.
5. E.Säng. Neuere Ergebnisse der Raketenflugtechnik. Zs. Flug 1934, Sonderheft 1, S.1-22.
6. E.Säng. Der Verbrennungsraketenmotor. Schweizer Bauzeitung 107 (1936). Heft 2, S.13-17.
7. E.Säng. Hohe Auspuffgeschwindigkeiten beim Raketenantrieb, ZQB, FB 829, Berlin-Adlershof 1936.
8. E.Säng. Gaskinetik sehr hoher Fluggeschwindigkeiten, ZWB, FB 972, Berlin-Adelshof 1938.
9. E.Säng und I.Fredt. Über einen Lorin-Antrieb für Strahljäger, ZWB, UM 3509, Berlin-Andlershof 1943.
10. E.Säng und I.Bredt. Über einen Raketenantrieb für Fernbomber, ZWB. UM 3538. Berlin-Andleshof 1944.
11. E.Säng. Über die Eignung des Lorin-Antriebs für unbemannte Flugkörper, ZWB, FB 1948. Berlin-Adlershof 1944.

12. E.Sänger. Vorschlag für eine 3 Tonnen Rakete mit Zwangskühlung, Arsenal de l'Aéronautique E5/15 und E5/53, Paris, 1946.

13. E.Sänger. Vorschlag für einen unbemannten Staustrahl-Flugkörper, Arsenal de l'Aéronautique E5/18 und E5/70. Paris, 1946.

14. E.Sänger. Schuberthöhung von Triebwerken durch Luft-zumischung zum Abgasstrahl, Arsenal de l'Aéronautique E5/98. Paris, 1947; Ingenieur-Archiv 18, S.310-323, 1950.

15. E.Sänger. Theorie einer Gemischaufbereitung in stationären Feuerungen, Arsenal de l'Aéronautique E5/150, Paris, 1948; Brennstoff-Chemie 32, S1-12, 33-50, 1951.

16. E.Sänger, I.Bredt und P.Goercke. Ionisation und Lumineszenz in Flammen: Arsenal de l'Aéronautique E5/195. Paris, 1949. Zsmr 1, S.209-210, 1950; Zs.phys. Chemie, 199, S.46-68, 1952.

17. E.Sänger. Über thermische Verstopfung bei diabatischer Strömung, Arsenal de l'Aéronautique E5/199, Paris 1949; C.R. acad. Sci. 230. Paris, 1950.

18. E.Sänger. Theorie der Pulververbrennung. Arsenal de l'Aéronautique E5/235 und E5/238. Paris, 1950; Z.phys. Chemie 197, S. 265-276, 1951; Z.Naturforschung 5a. S.467-468.

19. E.Sänger. Zur Soziologie des Forschers, Privatdruck Roeder. Köln, 1950.

20. E.Sänger. Über die Grenzen der Raumfahrt. L'Astronef 1. S-10. Paris 1940.

21. E.Sänger. Was kostet Weltraumfahrt? Weltraumfahrt 2. S. 49-55. Frankfurt/Main 1951.

22. E.Sänger. Zum Problem der chemischen Zündung thermischer Kernreaktionen. Z. Naturforschung 6a. S.302-304, 1951.

23. E.Sänger. Was kostet der Strahlantrieb? Interavia 7, S.338-340. Zürich 1952.

24. E.Sänger. Zur Theorie der Photonenraketen, Ingenieur-Archiv 21. S. 213-226, 1953.
25. I.Sänger-Bredt. Flugschleppversuche mit Überschall-Staustrahlrohren bei mässigen Unterschall-Fluggeschwindigkeiten. VDI-Forschungsheft 437. Düsseldorf 1953.
26. E.Sänger. Dreistellige Dezimaklassifikation der Raumfahrt. Weltraumfahrt 5. S.60-61, 1954.
27. E.Sänger. Stationäre Kernverbrennung in Raketen. Astronautica Acta 1. S.61-88. Wien, 1955.
28. E.Sänger. Zur Kinetik des konventionellen Wärmeübergangs und der Strömungsreibung an spiegelnden Oberflächen. Z. Naturforschung 9a. S.410-423, 1954.
29. E.Sänger. Forschung zwischen Luftfahrt und Raumfahrt. Verlag W.Pustet. Tittmonning 1954.
30. E.Sänger. Heisswasserraketen als wirtschaftliche Start-hilfen. Luftharttechnik 1, S. 71-72, 1955.
31. E.Sänger. Zur Mechanik der Photonenstrahlantriebe. Mitt. aus dem FPS Nr. 5. Verlag Oldenburg. München, 1956.
32. E.Sänger und I.Sänger-Bredt. Staustrahlen und Raketen. Mitt. aus dem FPS Nr. 6. Verlag Flugtechnik. Stuttgart, 1956.
33. E.Sänger. Zur Flugmechanik von Photonenraketen, Astronautica Acta 3, S.89-99. Wien. 1957.
34. E.Sänger. The future of Space Flight. Universitas, 1. S. 279-288, 1957.
35. E.Sänger. Zur Strahlungsphysik der Photonenstrahlantriebe und Waffenstrahlen. Mitt aus dem FPS N 10. Verlag Oldenburg. München, 1957.
36. E.Sänger und I.Sänger-Bredt. Geschichte der 1941-1945 in Deutschland durgeführten Flugschleppversuche mit sehr grossen Staustrahlrohren, in "History of the German Guided Missiles Development. AGARDOGRAPH 20. S.325 ff. Verlag E.Appelbaus & Co. Braunschweig 1957.

37. E.Sänger. Raumfahrt - technische Überwindung des Krieges, Rowohlts deutsche Enzyklopädie. Bd. 59. Hamburg 1958.
38. E.Sänger. Einige optische und kinematische Effekte der interstellaren Raumfahrt. ZAMP 9b. S.591-600. Zürich, 1958.
39. E.Sänger und I.Sänger-Bredt. 3 und 4. Jahresbericht über die Arbeiten des FPS. Mitt aus dem FPS N 14. Verlag Flugtechnik. Stuttgart 1958.
40. E.Sänger. Atlas konkreter Bahnen von Raketenflugzeugen bis zur Aussenstation und zurück. Forschungsbericht 3 der Hermann Oberth Gesellschaft. Bremen 1958.
41. E.Sänger. The Next Ten Years in Space 1959-1969. Staff Report of the Select Committee on Astronautics and Space Exploration. House of Representatives. Washington DC 1959.
42. E.Sänger. Strahlungsquellen für Photonenstrahlantriebe. Astronautica Acta 5. S. 15-25. Wien 1959.
43. E.Sänger. Zum Richtproblem der Photonenstrahlantriebe. Mitt aus dem FPS N 21. Verlag R. Oldenburg, München 1960.
44. E.Sänger. Atomraketen für Raumfahrt. Astronautica Acta 6. S. 3-15. Wien 1960; Atompraxis 10. Heft 5. S.1-9, 1964.
45. E.Sänger. Warum Raumfahrt? Raketentechnik und Welt- raumforschung N 4, S.73-80, 1960.
46. E.Sänger. 5. und 6. Jahresbericht über die Arbeiten des FPS. aus dem FPS N 23. Verlag Flugtechnik. Stuttgart 1961.
47. E.Sänger. Raumfahrt - heute, morgen, übermorgen. ECON - Verlag. Düsseldorf 1963.
48. E.Sänger. Jetzt oder nie - Sternstunde der europäischen Raumfahrt. Flugwelt 42. S.42-48. Mainz 1964.
49. E.Sänger. Vorläufige Vorschläge zur Entwicklung eines europäischen Raumflugzeuges, Hausbericht der Firma Jun- kers Flugzeug - und Motorenwerke AG. München, 1964.
50. E.Sänger. Historische Hintegründe und Motive für den Vorschlag eines europäischen Raumfahrzeuges. EUROSPACE-Be- richt Raumtransporter. S.7-18. Paris, 1964.

51. I.Sänger-Bredt und R.Engels. Die Entwicklung von regenerativ gekühlten Flüssigkeitsraketenantrieben in Österreich und Deutschland zwischen 1926 und 1936, Hausbericht Bölkow (99 Seiten). 1968; Vortrag auf dem 19. IAF - kongress in New York 1968, im Erscheinen.

52. I.Sänger-Bredt. The Silverbird-Story. Journal of the British Interplanetary Society, in Erscheinen.

53. I.Sänger-Bredt et alii. Requiem Eugen SÄNGER. Ein Leben in sieben Stationen, gesehen von seinen Zeitgenossen, im Erscheinen.

В.А.Семенов (СССР)

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИСТОРИКО-НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ

В настоящее время в условиях стремительного развития науки и техники историку науки особенно важно найти наиболее верную методику познания этого процесса для выявления определенной его закономерности и для последующего предвидения развития процесса хотя бы на ближайшее будущее.

Наука и техника, в том числе, конечно, и авиационные, являются творениями человеческого разума. В них отражен процесс роста интеллектуального потенциала человечества. В развитии науки и техники должны поэтому наблюдаться те же ступени роста от младенчества к зрелости, как и у людей с постепенным нарастанием темпа развития, со все большим проявлением способностей к новому, оригинальному. Это позволяет методически в научно-исторических исследованиях рассматривать науку и технику, как такой условный живой организм, в котором отражены наиболее высокие интеллектуальные проявления деятельности человеческого мозга. Преимущество этого условного живого организма перед человеком состоит в том, что он, как правило, не стареет, а непрерывно наращивает свои способности и с ускорением движется вперед по пути новых открытий к новым возможностям познания и покорения сил природы.

Но, конечно, науку и технику и в таком условном схематическом представлении нельзя рассматривать как изолированную саморазвивающуюся систему. Наблюдаемая, кажущаяся самостоятельность развития научных знаний никак не исключает наличия множества прямых и обратных связей, включающих науку и технику в общую социальную жизнь со всеми особенностями ее развития.

Авиационные наука и техника органически связаны со множеством

других областей научных знаний и, конечно, основные принципы историко-научного анализа их развития являются общими.

Историк науки и техники имеет своей задачей раскрыть процесс развития научно-технических знаний во всей его полноте, во всем его многообразии, при всей его сложности. Развитие научных знаний, составляющее предмет исследования, — явление комплексное, поэтому методы исследования должны отвечать этой комплексности, должны ей соответствовать.

Древняя восточная мудрость справедливо отмечает, что, не познав прошлого, нельзя понять настоящего; прошлое — учитель будущего.

Прошлое воспроизводит факты во времени, т.е. по возрастным ступеням; оно показывает процесс роста. При изучении истории факты, конечно, играют первостепенную роль. Однако в научно-историческом исследовании нельзя ограничиться лишь перечислением фактов, а необходимо установить причину самих фактов, понять как и почему шел этот ступенчатый процесс роста, чем он обеспечивался, что расчищало ему путь. Исследование процесса исторического развития от прошлого к настоящему должно вскрыть закономерности научно-технического прогресса, объяснить причины его неравномерности и, например, на текущем отрезке истории человечества — неизбежности его ускорения, показать значение всех сопутствующих обстоятельств.

Чем глубже и основательнее будет раскрыта история изучаемого вопроса, т.е. чем полнее будет выявлена вся совокупность внешних и внутренних воздействий, определяющих характер развития изучаемой системы (которую условно мы и представляем как живой организм), тем обоснованнее будут раскрыты закономерности исторического хода научно-технического прогресса вообще и в области научно-технических знаний по вопросам авиации, в частности.

Поскольку путь в будущее берет свое начало в прошлом, то наиболее полное историческое исследование в области авиационной науки и техники должно охватить собою выявление и анализ закономерностей развития идеи полета и ее конкретных воплощений от древности до наших дней.

История авиации являет собой исторический процесс развития тех научно-технических идей, которые создавали и совершенствовали лицо авиации, повышали ее "техничко-интеллектуальный" уровень, создавали принципиально новый "техничский мозг" летательных аппаратов, высвобождали человека от мелочной опеки своей машины при взлете, во время полета и при посадке.

Столетиями люди наблюдали полет насекомых и птиц, пытались разгадать секрет полета и найти возможность технического моделирования того, что видели в живой природе. Естественные науки постепенно давали некоторые разгадки явлений природы и создавали основы к развитию тех прикладных знаний, которые вели к научному эксперименту, к научно-обоснованному моделированию.

Большой интерес в историко-научных исследованиях представляет собой творческий путь моделирования функций живых организмов в технических объектах, которые сами по себе весьма отличны от живых образцов. Именно на этом пути и должно вестись изучение того приборного оборудования летательных аппаратов, которое стало в итоге сос-

тавлять как бы мозг и органы чувств, соответственно дополняющие мозг и органы чувств пилота. Качество, свойства и способности всего комплекса оборудования стали определять новые взаимоотношения летчика и машины во время полета.

Основная работа при этом легла на оборудование. Летчику остались в основном функции контролера.

Здесь необходимо глубокое проникновение в самую суть одной из важнейших тем современности о связи в едином комплексе человека и машины.

При анализе развития реальных конструкций летательных аппаратов, постепенного изменения их летательных свойств, особое внимание необходимо уделять рассмотрению влияния специфики отдельных исторических периодов на прогресс исследуемого вида техники.

Надо иметь в виду, что новая научная мысль и соображения о ее возможной технической реализации могут зародиться в умах отдельных лиц под влиянием лишь их индивидуальных побуждений. Развитие таких мыслей определяет собой глубинные процессы умственного творчества. Это — как бы утробный процесс зарождения нового. Но когда возникает к этому новому общественный интерес, вызванный потребностями реальной жизни, происходит уже и самый факт рождения этого нового, хотя бы и в далеко несовершенном виде.

Так было с плодотворными, но не реализованными в свое время идеями Леонардо-да-Винчи о летательной машине (XV век), так было с "аэродромической машинкой" (вертолетом) М.В. Ломоносова (XVIII в.) и мы знаем, как рождалась реальная авиация (достижения А.Ф. Можайского, бр. Райт и др. — конец XIX и начало XX вв.).

После этого легко видеть периодическую "смену поколений" авиации XX в. (от первых малых ее форм, с очень ограниченными эксплуатационными возможностями, до современных самолетов-гигантов с исключительно большими эксплуатационными возможностями).

Исходным моментом широкого исследования на большом историческом пути должна служить научно-обоснованная периодизация.

Первейшей задачей при этом является четкое нахождение отличий научно-технического уровня каждого нового периода в сравнении с тем, что давал предыдущий период. Именно здесь и зарождается историко-научное творчество, выявляющее, как готовилось новое качество, чем оно вызывалось, как осуществлялся процесс перехода в новое качество, который в итоге и определял подъем научно-технических знаний на новый, более высокий уровень.

Качественная оценка исторических фактов и сравнительная оценка высоты их научно-технических уровней должны выявить суть нового в изучаемой области знаний, в изучаемый период времени и предопределить характер предстоящего историко-научного исследования.

Простейшей задачей на этом пути будет рассмотрение технической новизны, возникшей в результате новых идей в развитии технических наук, или в результате очередного технического усовершенствования производства и даже в силу нового технического изобретения. Все такие случаи

могут дать сравнительно невысокое превышение над прежним уровнем. Другое дело, когда переход на новый уровень подготовлен новым научным открытием в фундаментальных науках. Здесь задача исследователя расширяется и усложняется изучением процесса внедрения научного открытия в технические науки, в процесс технического изобретательства.

Существенный интерес представляет раскрытие всех закономерностей развивающихся процессов. Работа над раскрытием таких закономерностей в историческом материале прошлого должна бросить луч света вперед для предвидения дальнейшего пути развития человеческих знаний.

Так и в авиации нельзя предвидеть ее будущего, не оценив с достаточной обоснованностью ее прошлого и современных потенциальных возможностей; только историко-научный анализ всех этапов пройденного пути способен достоверно осветить ее будущее.

Одной из основных задач исторического анализа авиационной науки и техники и является оценка современного уровня и потенциальных возможностей авиации с целью прогнозирования возможных направлений ее дальнейшего развития.

Для уверенного взгляда в будущее надо суметь вскрыть двигательные силы научно-технического прогресса и происходящей сейчас научно-технической революции, увидеть всеобщность новых открытий и новых наук (таких, например, как кибернетика, электроника, бионика и др.). Решение этой задачи в современных условиях невозможно без глубокого знания сущности и особенностей современной научно-технической революции. Это связано, в первую очередь, с необходимостью учета широкого спектра научных и технических достижений на авиацию, а также обратного воздействия авиации на научно-технический прогресс, одним из основных направлений которого является она сама.

Надо видеть, что темп современной научно-технической революции превосходит все то, что в этом смысле имелось во всей истории развития естественнонаучных и технических знаний. Ею охвачены почти все отрасли науки. С нею возникли по своему существу совершенно новые представления о происходящих в природе процессах. Человек своим пытливым умом сейчас глубоко проник в познание законов построения мира в целом и в вопросы строения вещества, открыл новые законы природы.

Нельзя не видеть, что научно-техническая революция и открытые ею новые области знания выдвинули авиацию и космонавтику с их новыми эксплуатационно-техническими возможностями на передний край научно-технического прогресса.

В поле зрения историков авиационной науки и техники должны стоять проблемные вопросы развития авиации будущего. Как правило, их зарождение и развитие связаны с ростом естественнонаучных знаний. Например, новейшие открытия физиков, касающиеся плазмы, создание ими методов ее изучения, сразу же ставят и перед самими учеными и перед творческими силами специалистов-инженеров вопросы внедрения этих открытий в практику. Раскрытие секретов плазмы позволяет уже сейчас предвидеть создание на этой основе проектов новых типов авиационных

реактивных двигателей. Это позволяет говорить уже о грядущей новой ступени в развитии авиационной науки и техники.

Нельзя не видеть того, что современная авиация все больше приучается к дистанционному управлению с земли. Это особенно развито в космических летательных аппаратах. Конечно, космические летательные аппараты — не авиация, но их техническая тенденция влияет на авиацию.

Прогресс авиационной и космической техники все больше выявляет тенденцию к увеличению радиуса действия наземных средств связи координационно-вычислительного центра с летательным аппаратом. При этом обнаруживается нарастающая зависимость условий полета от надежности связи с землей.

Надо видеть в этом не только положительную, но и возможную отрицательную стороны вопроса. В частности, космические летательные аппараты (даже и автоматические) должны быть готовыми к тому, чтобы самостоятельно опускаться на другую планету, где никто не готовит им встречу. Очевидно, в дальнейшем развитии авиации тоже должен намечаться рост самостоятельности бортовых систем, обеспечивающих самолету возможность приземляться без помощи с земли. Ведь "пути" связей с землей могут оказаться уязвимым местом авиации; в известных условиях они могут быть нарушены, но безопасность полета должна сохраняться при всех условиях.

Важнейшим принципом историко-научного исследования является внимание к историческому фону; только в исторических конкретностях могут быть раскрыты причины общественных противоречий.

Единство и разнообразие мира определяет взаимозависимость явлений во всеобщем развитии.

Отсюда для прогресса жизни на Земле вытекает бесспорная необходимость гармонического развития науки, техники, моральных качеств людей, социально-экономического устройства жизни общества. Без такой гармонии высокая наука и новейшая техника могут оказаться губительными для людей, как огонь и порох в руках ребенка.

Широкое развитие науки и техники, как правило, влечет за собой социальные последствия. Поэтому при обосновании темпов научно-технического прогресса нельзя не учитывать решающей роли социально-экономических условий жизни общества.

Именно новые общественно-экономические веяния в период эпохи Возрождения раскрыли тогда новые перспективы для развития всех наук, всех видов искусства и техники.

Мы являемся свидетелями того, какой простор для творческой инициативы открылся в нашей стране после Великой Октябрьской социалистической революции, положившей у нас начало новым социально-экономическим отношениям при новом общественном строе.

Историко-научное исследование, в частности, и вопросов развития авиационной науки и техники, должно вскрыть взаимосвязь всех элементов научно-технического прогресса и их взаимозависимость. Только через познание путей развития и успехов в смежных областях знания, в постоянной связи с общественной средой, в условиях понимания объективных законов развития общества, можно раскрыть подлинную картину исторических путей развития и каждой отдельной области знания и конк-

ретной техники. Только на этом пути и можно обоснованно строить прогнозы на будущее как в общем развитии научно-технического прогресса, так, в частности, и в развитии какой-либо конкретной фундаментальной области знания.

Опыт проведения таких исследований, в том числе и по истории авиационной науки и техники, неопровержимо свидетельствует, что в обновленных социально-экономических условиях жизни общества, гармонично отвечающих возросшим требованиям развития научных знаний и их приложений, открываются широкие перспективы для научно-технического прогресса и для наиболее полного использования их результатов в интересах всего человечества.

Опыт СССР, современное воплощение его авиационной научно-технической мысли, в частности, сверхзвуковой гигант - самолет ТУ-144, великан-вертолет В-12 и другие образцы советской авиации, демонстрировавшиеся в этом году на международной авиационной выставке в Париже, служат объективным показателем того, что научно-технический прогресс, опирающийся на возможности социалистического строя, обещает человечеству большие успехи.

Конечно, широко известны и заслуженно высоко оцениваются большие успехи в строительстве авиации и в Англии, и во Франции, и в США, и в других странах.

Своими достижениями все страны взаимно обогащают друг друга, множат мировой опыт, обеспечивают дальнейший научно-технический прогресс человечества.

Историко-научное исследование должно охватывать собой составляющие всего комплекса этого мирового опыта.

Историки науки сознают, что существуют фундаментальные закономерности развития всех явлений жизни, что эти закономерности охватывают собой и жизнь природы, и развитие общества, и взаимосвязанное развитие всех наук.

Создавая методику историко-научных исследований, они стремятся проникнуть в тайны этих закономерностей.

Успехи на этом пути помогут ученым обоснованно предвидеть будущее и в грядущем развитии авиационной науки и техники.

M. Sharpe (USA)

ROCKETRY IN THE AMERICAS PRIOR TO WORLD WAR I

The earliest known rockets to be fired in the New World appear to have been those of Captain John Smith, the English adventurer, who on July 24, 1608, launched several to amuse the Indians on the coast of the Chesapeake Bay.¹ For more than

two centuries afterwards nothing more was heard of the rocket in the Americas. The development of rockets, and pyrotechnics in general, among the English colonies of North America and the colonies of various European countries in South and Central America during the 17th and 18th Centuries was practically nonexistent. There are several reasons. The primary one is, of course, that manufacturing generally was discouraged. Goods for the colonies were to be bought from those made in the mother country.

In the special case of the colonies of Great Britain in North America, there was also a geochemical reason. The components of gunpowder were often scarce or difficult to obtain and process. In what was later to become the United States of America, this situation in particular obtained. Sulfur and saltpeter, the latter especially, were in short supply, and this problem grew acute as the colonies prepared for their revolution against England. The Continental Congress on July 28, 1775, recommended to the provincial conventions that every effort be made to collect saltpeter, including it from the soil beneath tobacco houses.²

The War of 1812

The revolution of the North American colonies of Great Britain (1775-1783) found little use of rockets. Those that were used were British, and they appear to have been only signal rockets.^{3,4} With the renewal of enmity in 1812 between Great Britain and her former colony in North America, rockets played a much greater role. Again, the role was all British.

The British rocket unit of Royal Marine Artillery that played the most active role during the war was one that had been trained at the Royal Arsenal at Woolwich, under the direction of Sir William Congreve. Its first rocket attack in

the war took place on June 22, 1813, when the British attacked Craney Island in the mouth of the Elizabeth River, near Norfolk, Virginia. However, the American defenders of the island ignorèd the rockets and concentrated their cannon fire on the British barges carrying marines to attack the mainland.

Following this action off Hampton Roads, the rocket unit was sent north to Nova Scotia, largely because its ranks had been decimated by fevers contracted in the southern waters.

Part of the unit under Lieutenant George E. Balchild saw its first action in the north at La Colle Mille, on the Little Colle River, in Canada, on March 30, 1814. The rockets on this occasion were more successful and helped spoil an attack on the mill by a much larger American force.

During the spring, the scene of fighting shifted to Upper Canada, and Balchild's unit saw action on several occasions.

British rockets were used with more success as a naval weapon against towns along the coast of Chesapeake Bay. The power of the Congreve rocket so employed can be visualized from an eye-witness account. American Commodore Joshua Barney's small fleet of armed barges was attacked by the British on June 10. He later reported to the Secretary of the Navy: "One of the enemy's rockets fell on board one of our barges, and, after passing through one of the men, set the barge on fire."⁵

Some of the most vicious fighting in the entire war took place at the Battle of Lundy's Lane on July 25, 1814, near the famed Niagara Falls, in New York. The British rockets on this occasion were under the command of a noncommissioned officer, a Sergeant Austin, whose 12-pounder rockets covered a vital road over which the Americans were required to pass. During the battle, the American Brigadier General Jacob Brown was said to have been painfully burned and injured when one of Austin's rockets glanced off his side.

Sir Thomas Hardy, the protege of Lord Nelson, used rockets in considerable numbers as he sailed up and down the Chesapeake Bay and Long Island Sound, attacking towns such as Stonington, Connecticut on August 9, 1814. The results on this occasion were far from satisfactory, however.

Perhaps the most memorable use of British rockets during the War of 1812 occurred at the Battle of Bladensburg, although the rockets used against Fort McHenry are better known, having been immortalized in the United States of America's national anthem. On August 23, 1814, British General Sir Alexander Ross (destined to die at the Battle of New Orleans in the following year) began his attack on Washington by thrusting through the American defenders at Bladensburg, just outside the capital. In the attack, Lieutenant John Lawrence, of the Royal Marine Artillery, commanded a detachment of rocketeers who were largely responsible for the complete rout of the American troops. In a later testimony before the American Congress, the commanding general William Winder stated: "The rockets, which for the first three or four, passed very high above the heads of the line, now received a more horizontal direction and passed very close to the heads of Schutz' and Regan's regiments... A universal flight of these two regiments was the consequence."⁶

By contrast, the 32-pounder rockets fired by Lieutenant Lawrence against Fort McHenry on September 13 did little damage. One of them could easily have resulted in the capture of the fort if it had not been a dud: it landed squarely on the roof of the fort's powder magazine, collapsing it but causing no explosion.

The British continued using rockets throughout the war. Indeed, they were used in the last battle which was fought after the treaty of peace had been signed. The first attempt to capture the city of New Orleans came on December 28, 1814.

The rockets on this occasion were fired by Captain H.B.Lane, who commanded a detachment from the 2nd Rocket Battery of the Royal Artillery, which had just arrived from the lately concluded Peninsula War against Napoleon. American Major General Andrew Jackson ran back and forth among his defenders shouting: "Pay no attention to the rockets, boys; they are mere toys to amuse children."⁷ Four days later, on New Year's Day, the British attacked again, unsuccessfully, with rockets playing a major role in the initial bombardment of the American lines. Several of them smashed into Jackson's headquarters but did not kill or wound him or his staff. A further attack occurred on January 8, and it too was unsuccessful. These attacks had cost the British the lives of their three commanding generals and were completely unsuccessful in capturing the city. The British retired on January 18, leaving Captain Lane and his rocket unit to cover their retreat.

The British use of rockets in the War of 1812 was largely ineffective, except for the Battle of Bladensburg. However, they did prove, as they had at Copenhagen in 1807, that the rocket was a very effective means of setting fires to towns and ships.

The Mexican-American War (1846-1847)

Between the War of 1812 and the Mexican war of 1846-1847, the American Army became interested in war rockets though not on the scale that they were generally used in Europe at the time. The US Army Ordnance Department in 1846 became interested in the stickless, spin-stabilized rockets invented by William Hale, the English engineer at Woolwich Arsenal. In that year and the following, tests were made of Hale's two and three-inch diameter rockets; and the Ordnance Department for \$20,000 purchased the plans to manufacture them.

When the Mexican War erupted, the Army still was not completely satisfied with the rocket. However, it decided to use some of them on a field trial basis with a newly organized Mountain Howitzer and Rocket Battery (staffed entirely by Ordnance soldiers). Two thousand of the new Hale rockets were sent to the battery for use in the attack on Vera Cruz, but they were misrouted and remained in a magazine "and not found till after the campaign was over." The rockets were used, however, at the Battle of Cerro Gordo, on April 17-18, 1847, and the Battle of Contreras on August 19. In this latter battle, an anonymous Mexican historian mistook the type of rockets being employed against the Mexican forces: "The fire of the artillery did not cease; the enemy also generalized theirs, playing their pieces with celerity, and repeatedly their Congreve rockets." ⁸

The American rocket battery also saw action at the Battles of Chapultepec, on September 14, and at the Siege of Pueblo, from September 24 to October 1. The Mexicans, in turn, had Congreve-type rockets (probably sold to them by the proprietors of Sir William Congreve's rocket factory at Bow, in Essex). Whether they used them or not is difficult to determine.

At the end of the Mexican War, the Mountain Howitzer and Rocket Battery was disbanded; and no organized rocket battery ever saw action in the US Army until World War II. During the Mexican campaign, however, several officers who would play major roles in the Civil War that was to follow some two decades later served briefly with the rocket battery.

The Civil War (1861-1864)

With the advent of the Civil War in 1861, neither the United States nor the Confederate States had appreciable stores of rockets. Neither had rocket units.

Subsequently, both sides attempted to organize rocket units; and both failed. The Union forces organized General Barry's Battalion, raised in up-state New York in 1861, with a goodly share of Canadian citizens enlisting. This unit was placed under the command of Major Thomas W. Lion, a soldier of fortune who had served in the British as well as the Peruvian armies. He claimed to have been an expert in the design of rockets, a trade he learned in England. However, this is dubious; but he obtained a commission in the US Army on these credentials. The unit moved to Washington, where it bivouacked at Camp Congreve and waited impatiently for its rockets to be produced by Watertown Arsenal. The unit practiced with rockets and launchers at hand, those left over from the Mexican War, with apparently good results. However, the pressing demands of war dictated that the unit be converted to conventional cannon artillery and committed to action before its rockets and associated support equipment could be manufacture. Thus, the unit was equipped with cannon, and left for action without ever firing a rocket at the enemy.

Attempts to organize a rocket unit in the Confederate forces were equally abortive. Shortly after the Battle of Manassas on July 21, 1861, in which the Confederates decisively defeated the Union forces, an impetuous Lieutenant General Pierre G.T. Beauregard, of the Confederate Army, set about to organize a rocket artillery unit within his army. He had served briefly as the commander of the Mountain Howitzer and Rocket Battery during the Mexican War, and he was convinced of the utility of such weapons in certain types of campaigns and terrain.

However, he became involved in an administrative dispute over recruiting procedures. On October 20, he was told to cease all activities in organizing a rocket unit by Confederate Secretary of War Judah P. Benjamin. This rebuttal

angered Beauregard; and he took the matter to President Jefferson Davis, who sided with Benjamin. As a result, Beauregard's career, brilliant though it was, nonetheless was circumscribed by this insistence on raising a rocket unit.

A rocket experiment during the Civil War almost cost the United States the life of its President Abraham Lincoln.

On November 15, 1862, Lincoln, Secretary of State Seward and Secretary of the Treasury Salmon P. Chase, were witnesses at an attempted launching of a rocket developed by J. Burrows Hyde, William Hale's agent in America. The rocket blew up on the launcher, but luckily no one was injured or killed.⁹

Throughout the war, rockets were used by both combatants, but not on a systematic and organized basis. Rocket batteries were provisionally formed, operated, and then disbanded. Both Congreve and Hale rockets were employed, but the rocket never became a standard weapon in either the Federal or the Confederate armies.

The Rocket in South America

War rockets were used even more sparingly in South America during the 19th Century. The rockets so used were for the most part bought in Europe. They were introduced in large degree by various British army and navy officers who visited the various countries or served in their armed forces. In the mid-1840's, Brazil purchased Congreve rockets from the proprietor of Congreve's factory in Essex. Some research in rocketry, however, dates from the 1820's. At least two different groups of Spanish artillerymen in Havana, Cuba, are known to have been experimenting with rockets during this period. Little is known of their work, and it is not even known for how long they continued it. William Hale, Jr., is known to have made at least one trip to Rio de Janeiro in 1850 to sell his father's rockets.

The first rockets used in battle in South America apparently were those fired by Sir Thomas Cochrane, an Englishman who became head of the navy of Chile in 1818. The rockets were manufactured in an arsenal in Santiago under the direction of a Mr. Goldsack, who had worked at Woolwich Arsenal under Sir William Congreve. They were to be used in attack on the port of Callao, Peru. However, the rockets were manufactured by Spanish prisoners of war who sabotaged them; and little damage was done by them when the attack took place on October 1, 1818.¹⁰

Naval rockets were also used by Admiral Guillermo Brown, of the Argentine navy, from 1826 until 1843. He became acquainted with them while travelling in England and France.

The British also used Congreve rockets in South America during an expedition to force a passage up the Parana River in what is now Uruguay. On June 4, 1846, a party of British Royal Marine Artillerymen used 24-pounder rockets against the positions of Juan Manuel de Rosas, dictator of Argentina, in the Province of Entre Rios.

Perhaps the most extensive use of rockets in South America occurred between 1852 and 1870. During the Battle of Caseros, on February 3, 1852, a rocket battery of 160 men and four launchers was a part of the Grand Army of South America, commanded by General Justo José de Urquiza who headed a coalition of Uruguayan, Brazilian, French, and rebel Argentine troops against the Argentine Dictator de Rosas. The rockets used were of the Congreve type. They appear to have done little damage other than cause panic among the cavalry. Throughout the War of the Tripple Alliance (1865-1870), rockets were used by the allies Argentina, Brazil, and Uruguay against the Dictator Francisco Solano Lopez of Paraguay. He, in turn, used them against the allies. Again the rockets appeared to have done little damage either to fortifications or men.

The last appearance of rockets in South and Central America during the 19th Century was in Cuba. However, they were not actually fired. The insurgent Cuban General Enrique Col-lazo Tejad purchased in 1896 500 rockets of a new model made by a French artillery Captain Couspierre. They were made of aluminum and carried dynamite warheads.¹¹

The rocket in South America had disappeared generally by the end of the War of the Triple Alliance. The reason was, of course, the same as that which caused its demise as a weapon in Europe and North America. Improvements in cannons simply outmoded the rocket. By 1866, the agents of Alfred Krupp had very successfully begun to introduce his improved weapons into South America.

Nonmilitary Rockets in the Americas

Nonmilitary rockets were also used in the Americas prior to World War I. However, they did not approach the same degree of imagination and utility shown throughout Europe. There were no rockets to open clogged drains such as the Kemp Drain Rocket in England (1880), and there were no rockets for dispersing hail clouds such as those used in Spain also as early as 1880.

But there were rockets for driving whaling harpoons and for carrying life-lines to wrecked ships.

The story of the whaling rocket begins in 17th Century Holland. The concept also captured the imagination of Sir William Congreve as early as 1821, but these two attempts were commercially unprofitable. It also appealed to an American whaling master, Thomas Welcome Roys. Where he first formulated the idea is unknown, although it is probable that he got the idea in England, or possibly Portugal. He patented his first whaling rocket in 1857 in England, but he did not patent it in his native country until 1861. In

the United States, he formed a partnership with Gustavus A. Lilliendahl, a professional pyrotechnist, and manufactured his whaling rocket commercially. It proved moderately successful during trials made in the 1865-1866 whaling season.¹²

The rocket Roys and Lilliendahl ultimately developed was 1,8 meters in length and had a diameter of 8 centimeters. It weighed approximately 12 kilograms. With a range of some 45 meters, it was launched from an open tube, like the anti-tank rockets of World War II. Roys later withdrew from the partnership in 1867, and in about 1878 Lilliendahl sold the rocket patent to the company of Fletcher and Suits, in San Francisco.

However, the rocket never became popular. For one reason, it cost \$50, a large sum in those days. Also, on occasions the rocket would pass completely through the whale before exploding. And, too, harpooners proud of their skill with hand-thrown harpoons, resented the technological advancement in their craft. The rockets also tended to deteriorate rapidly in the salt water and air environment of the sea.

The 19th Century also saw the development of the lifesaving rocket that was used in both North and South America, though on a much smaller scale than in Europe and elsewhere in the world. The American lifesaving rocket was patented in 1882 by Patrick Cunningham,¹³ of New Bedford, Massachusetts, a town more associated with whaling than lifesaving. Indeed, Cunningham also invented a whaling rocket, but little is known of it other than that it was not a commercial success.

Cunningham fared better with his lifesaving rocket. It was used by the USA, Lifesaving Service between 1882 and 1920. By 1888, at least 20 stations in the service were using the rocket. The rocket was 2,2 meters long and 8,75 centimeters in diameter. It weighed 20 kilograms and could carry a line to a distance of 300 to 765 meters, depending upon the weight of

the line coiled into its after compartment which acted as a stabilizer stick. He later developed an ingenious shipping crate for the rocket that also served as a launcher, a permitting the rocket to be first from abroad ship to the shore,¹⁴

However, Cunningham's rocket never became as successful in the Americas as competing rockets did elsewhere in the world. The American coastlines were generally flat; thus, lifeboats could be used with ease. In addition, the Lyle lifesaving gun was cheaper and had been developed by a member of the US Lifesaving Service; thus it had a doubly competitive edge on Cunningham's relatively expensive rocket.

As the 19th Century drew to a close, interest by both professional and amateur in rocket propulsion for balloons and dirigibles appeared. As early as 1850, the American balloonist John Wise¹⁵ suggested that guncotton might be better than gunpowder as a propellant for rocket motors in driving balloons. In 1884, compressed gas for a reaction motor was suggested by Russell Thayer, a graduate of the US Military Academy and sanitation engineer for the city of Philadelphia.¹⁶ In Mexico City, Mexico, Nicholas Petersen, in 1892, proposed propelling dirigibles by rocket motors arranged in a cylinder like that of a revolver.¹⁷ Sumpter B. Battey, a doctor of medicine in New York, received a patent on July 25, 1893, for a steamlined dirigible that was to be propelled by a gimbal-mounted rocket motor firing charges of guncotton that were electrically detonated.¹⁸

The world's first liquid propellant rocket engine may owe its existence to a native of Peru. Pedro E. Paulet, a chemist and diplomat of the nation, made repeated claims of his originality in this aspect of aeronautical engineering until his death in 1945. He claims to have developed a liquid propellant engine in Paris, where he was a student, and fired it in 1897;

According to Paulet, his engine had a vanadium steel combustion chamber and produced 90 kilograms of thrust, using a mixture of gasoline and nitrogen peroxide. Since the motor was ignited by a spark plug, it was actually a pulse-jet engine, firing at a frequency of 300 detonations per minute. For some reason, Paulet did not make his first claims until October 7, 1927, in the newspaper ElComercio (Peru). However, no corroborating witnesses or documents have yet come to light.

On the eve of World War I, man made his first photographically documented attempt to travel by rocket in the United States. It was admittedly a stunt rather than a scientific undertaking. On March 13, 1913, F. Rodman Law, a stunt man for the fledgling movie industry, climbed atop a home-made rocket in Atlantic City, New Jersey, that was to take him to Elizabeth, some 12 miles distant. Law wore a parachute with which he was to descend to that city when he arrived over it. The rocket he devised for the project was of the Congreve type. With an over-all length of 13.2 meters, the motor case was 7.2 meters long and 60 centimeters in diameter. It held a charge of 225 kilograms of gunpowder, filled by Law himself.

When the burning fuse reached the propelling charge, there was an instantaneous explosion. The 150 spectators looked in horror as the smoke cleared. Law, miraculously enough, was found alive with only minor burns on his face and hands in some bushes 10 meters from the launching pad. After medical treatment, he claimed that he would try again and added that he had made several rocket flights previously. However, it is extremely doubtful that he had or subsequently did either.

Thus, as the clouds of war were gathering in Europe, man had attempted to fly by rocket in the United States. Only 56 years later, a much more serious attempt would place the first men on the Moon.

N o t e s

1. Smith John, The General Historie of Virginia, New-England, and the Summer Isles with the Names of the Adventurers, Planters, and Governours from Their First Beginning An: 1584 to this Present 1624. Book Three. London, Michael Sparkes, 1624, p.60.
2. Essays Upon the Making of Salt-Petre and Gunpowder, Published by Order of the Committee of Safety of the Colony of New York, N.Y., 1776, pp.2-3.
3. Diary of Frederic Mackenzie, vol.2, Cambridge, 1930, p.611.
4. Memoirs of Yorktown.- "William and Mary College Quarterly" (Series 1), Vol.15, No.2, October, 1906, pp.75-76.
5. Barney, Mary. A Biographical Memoir of the Late Commodore Barney: from Autobiographical Notes and Journals in Possession of His Family and Other Authentic Sources. Boston, 1832, p.239.
6. Robinson, Ralph. The Use of Rockets by the British in the War of 1812. - "Maryland Historical Magazine", Vol.40, No.1, March, 1945, p.3.
7. Walker, Alexander. Jackson and New Orleans, an Authentic Narrative of the Memorable Achievements of the American Army, Before New Orleans, in the Winter of 1814-15, N.Y., 1856, p.257.
8. Ramsey, Albert C., ed., The Other Side, or Notes for the History of the War Between Mexico and the United States, Written in Mexico, Translated from the Spanish, and Edited with Notes. N.Y., 1850, p.186.
9. Report to Chief of Ordnance, November 15, 1862, by Lieutenant Commander William Mitchell, who was in charge of the text; U.S.National Archives, Records of the Office of the Chief of Ordnance, Records Group 156.
10. Thomas, Earl of Dundonald, The Narrtative of Service in

- the Liberation of Chile, Peru, and Brazil from Spanish and Portuguese Dominion, Vol.1, London, 1859, pp.26-27.
11. Ruby, Gabriel Vidal y, Baterias de Coheteros a Caballo en la Campana de Cuba. - "Memorial de Artilleris", S.4, Vol.5, 1896, p.2.
 12. Johnenn, Arne Odd. Finnmarksfangstems Historie, 1864-1905, Bd.1, Oslo, 1959, pp.66-76.
 13. Cunningam, Patrick, US Patent No.266.437; October 24, 1882.
 14. Sharp, Mitchell. Development of the Lifesaving Rocket: a Study in 19th Century Technological Fallout, MSFC Historical Note 4, June 10, 1969.
 15. Wise, John. A System of Aeronautics, Comprehending Its Earliest Investigations, and Modern Practice and Art. Philadelphia, 1850.
 16. Thayer, Russel. US Patent No.309008; December 9, 1884.
 17. Ley, Willy. Rockets, Missiles, and Men in Space, N.Y., 1968.
 18. Battey, Sumpter. US Patent No.502168, July 25, 1893.

NOTE

1. Smith, John. The General Historie of Virginia, New-England, and the Summer Isles with the Names of the Adventurers, Planters, and Governours from Their First Beginning An: 1584 to this Present 1624. Book Three. London, Michael Sparkes, 1624, p.60.
2. Essays Upon the Making of Salt-Petre and Gunpowder, Published by Order of the Committee of Safety of the Colony of New-York, N.Y., 1776, p.2-3.
3. Diary of Frederic Mackenzie, vol.2, Cambridge, 1930, p.611.
4. Memoirs of Yorktown. - "William and Mary College Quarterly", (Series 1), Vol.15, No.2, Octobe. 1906, pp.75-76.

5. Barney, Mary. A Biographical Memoir of the Late Commodore Barney: from "autobiographical Notes and Journals in Possession of His Family and Other Authentic Sources. Boston, 1832, p.239.
6. Robinson, Ralph. The Use of Rockets by the British in the War of 1812. - "Maryland Historical Magazine", Vol.40, No.1, March, 1945, p.3.
7. Walker, Alexander. Jackson and New Orleans, an Authentic Narrative of the Memorable Achievements of the American Army, Before New Orleans, in the Winter of 1814-15, N.Y., 1856, p.257.
8. Ramsey, Albert C., ed., The Other Side, or Notes for the History of the War Between Mexico and the United States, Written in Mexico, Translated from the Spanish, and Edited with Notes. N.Y., 1850, p.186.
9. Report to Chief of Ordnance, November 15, 1862, by Lieutenant Commander William Mitchell, who was in charge of the test; U.S.National Archives, Records of the Office of the Chief of Ordnance, Records Group 156.
10. Thomas, Earl of Dundonald, The Narrative of Service in the Liberation of Chile, Peru and Brasil from Spanish and Portuguese Dominion, Vol.1, London, 1859, pp.26-27.
11. Ruby, Gabriel Vidal y, Baterias de Coheteros a Caballo en la Campana de Cuba. - "Memorial de Artilleria", S.4, Vol.5, 1896, p.2.
12. Johnenn, Arne Odd. Finnmarksfangstems Historie, 1864-1905, Bd.1, Oslo, 1959, pp.66-76.
13. Cunnigam, Patrick, US Patent No.266.437; October 24, 1882.
14. Sharp, Mitchell. Development of the Lifesaving Rocket: a Study in 19-th Century Technological Fallout, MSFC Historical Note 4, June 10, 1969.
15. Wise, John. A System of Aeronautics, Comprehending Its Ear-

liest investigations, and Modern Practice and Art. Philadelphia, 1850.

16. Maeyer, Russel. US Patent No. 509008; December 9, 1884.
17. Ley, Willy. Rockets, Missiles, and Men in Space, N.Y., 1968.
18. Battey, Sumpter. US Patent No. 502168, July 25, 1893.

M. Subotowicz (Poland)

DEVELOPMENT OF THE ROCKET TECHNIQUE AND SPACE
RESEARCH IN POLAND (HISTORICAL OUTLINE)

One can divide the history of the development of the rocket sciences in Poland into the three periods:

1) from the earliest beginning up to the last tens years of the XIX-th century: construction and practical applications of the primitive powder-rockets for the fireworks and military aims,

2) the last years of the XIX-th century up to the beginning of the II-nd World War: the primary experimented work on the jet propulsion and the early theories of the rocket and space flight,

3) after the II-nd World War: modern research and rapid development of the rocket technique, its peace and military application, the problem (and its solution) of the space research by use of the apparatus; human factor in space research.

Part I: From the earliest beginning up to the end of the XIX-th century.

The first rockets were designed in China, probably not earlier as in X-th century or even later - in the second half of the XII-th century¹⁾, after the powder was invented. Their first known military application was realized during the fights around Peking in 1232. In Europe the rockets could be used for the first time by Tartars during the battle of Legnica (Dolny Slask - Silesia) in 1241, as it can be concluded from



Malowidła ścienne w klasztorze wystawionym na polu bitwy pod Legnicą obrazują używane przez Tatarów głowy smocze miotające ogień i dymy na głowy walczących wojsk. Być może, że dla przedłużenia zasięgu tych dymów i gazów używano również pocisków prochowych lub rakiet. W tym klasztorze przebywający mnich Seweryn w 1380 r. czyni próby „ruchomej rury przy pomocy prochu” będącej prawdopodobnie rakieta na paliwo stałe.

(Foto T. Przypkowski)

fig.1. Fresque from the XVIII cent., showing the battle by Legnica, 1241, painted in the monastery, built on the battle-field (3). The oldest, from XIV cent., picture of the battle can be found in the illustrated legend on St. Jadwiga, the mother of the killed curing the battle Henryk II Podozny, Polish prince of Śląsk (Silesia).

the book of the Polish history writer of XV-th century, Jan Dugosz²⁾. It follows from his description of the battle by

Legnica. The Tartars have used the poison gases coming out of the drake heads on the long sticks. On the battle place by Legnica was built a little church. On the inside walls of the church were painted the fresco showing the battle³⁾, fig. 1.

T.Przypkowski³⁾ has found also that a monk Seweryn (about 1380)

Bielski *90 2/2 1/2* *Biedke*

Sprawa Rycerska według postępu w zachowaniu starego obyczaju Rzymskiego/Greckiego/Macedonskiego/ y innych Narodow pierwszego y niniejszego Wieku/ tak Poganstwa iako y Krześcijaństwa/ z rozmaitych Książek wypisana / Eu czytaniu y Nauczce Ludziom Rycerskim pożyteczna.

Książki na ośm Cześci rozdzielone.

Author of Mathews Biedke, Vol. 1, Proh. Zam. p. 147, 1. & pag. 9.
Cum Gratia & Privilegio S. R. M.

Arbitrum

W Krákwie:
g Drukowano v Mattheusa Siebeneychera/ Roku Pánstiego: 1569.

fig.2. a) The titel page of "Sprawa Rycerska", of M.Bielski, 1569,

living in the same monastery has written on the application of powder to propell the "tubes", probably - the rockets. If this is true, it would be the first written statement on the rocket production in Poland.

bijać obfyc plotnem furowym mocnym/ okoto fypu/ a wierzchu na piedzi/ aby tej grotu zelaznego bylo widac nieco nasypawfyc a prochu/ smoty/ siarki/ Saletry/ potroffe: wofyfitego rowno/ obciagni to niciami mocnemi okoto fypu/ takiej cjopek v wierzchu wetknac trzeba y omocyc w smole / gdy masz strzelic s tusze albo s krotkiej hakowniczi thym fypem/ zapalij pierwey od tej dziurki / stad cjopek wymynieff / strzelje tham gdzie chceff zapalic / isby wetnat na dachu.

Race!
Kace tak dziatac/ nakrec trabek papirowych w formie nato wcyzioney/ zawieszyna koncu kazda / isby thylko dziureczka mala zostala/ nabyvia tego fypulktem w formie prochem nie ustanowionym mialkim co na pieciore sadza Saletry/ zaprawa na koncu kleiem albo ciasthem/ przywoiz laszczke do niey pod waga/ coby tak laszczeczka wazyla iako y Kaca/ zapal od dziurki/ poydzie wygore z laszczeczka/ poydzie y po naci daleko gdy do niey ceweczke przywiazesz.

Czynia tej Puskarze Smoki ogniste takowymje proz Smoki ognia chem przyprawionym/ ktorzy laciaa po wietrze/ dzierze ste. zac za powroz/ ale to nic nie poyt escino ku potrzebie.

Garnce/ ktore Sturm odbijaja/ tak czynia. Garnce stura mowe.
Pa w garniec prochu Rusnicinego/ potym naklada w on garniec miedzy proch rurek zelaznych krotkich iako palec / a thak miastych iako klucz zamkowy / w kazda rurke wlozyc dwa gloty zelaza/ y zalitowac Slosarz ma oba konca / a w poyrzodku ma wytrzec dziurczke masla/ ktora po ziarnku prochu rusnicine^o ma narytac / a bedzie pełna rurka: Moze takich rurek wlozyc w jeden garniec kope albo wiecey albo mniej / wedlug wielkoosci garnca. Potym nasypac w on garniec pełno prochu
T ij rusnicie

b) The page of "Sprawa Rycerska" describing the production of the rockets ("race"); this is probably the oldest Polish text concerning the rockets.

The first exact description in Polish of the rocket production is given in the book of M. Bielski, 1569⁴⁾, fig. 2a. According to his own experience and experiments the author has given exact descriptions how to produce the powder military rockets, fig. 2b.

The following Polish author, dealing with the rocket problems, was Walenty Sebisch (1577-1657) from Raduszkowice by Olawa (Silesia), the military architect of Wroclaw. His manuscripts, discovered by T. Przypkowski³⁾, from the time of about

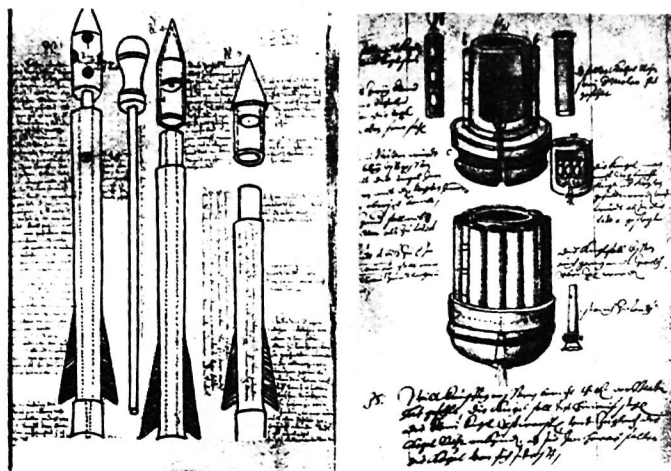


fig.3. a) Sketch, taken from the manuscript of W.Sebisch (about 1600), of the rockets with the delta type stabilizers, b) sketch of the rocket battery of W.Sebisch, c) W.Sebisch's sketch of the rocket similar to the two stage rocket.

the year 1600 contains the sketches of the rockets with the delta-type stabilizers, fig.3a, the conic nozzles in rockets, rocket battery, fig.3b and the sketch similar to the two-stage rocket, fig.3c.

The outstanding work is the manuscript of A.Dell'Aqua (1584- after 1654) "Praxis reczna dziala" (Hand production of the guns). A.Dell'Aqua came to Poland from Venice in 1613 and

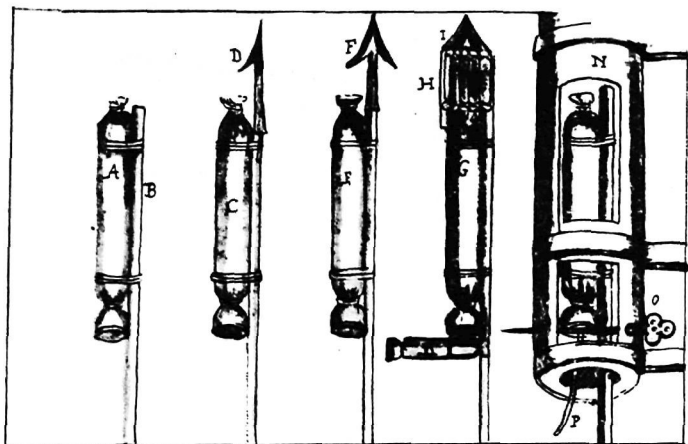


fig.4. Sketch of Dell'Aqua (about 1635) from his book "Praxis reczna dziala" of the two-stage combined rocket, HG. The second stage, H is the rocket battery.

was staying there at the service of the Polish King and the Polish princes up to the end of his life⁵⁾. The manuscript of "Praxis ..." was written during 5 years, 1630-35. Dell'Aqua has left his manuscript at least in 5 copies. In the part III of the manuscript (p.389, K 187, Cz.383) is given fig.171. The rockets G-H are the two-stage combined rocket, fig.4. The second stage H is the rocket battery containing 5 little rockets

Distinguished place in the history of the rocket technique occupies Polish General of Artillery by the King Wladyslaw IV, Kazimierz Siemienowicz, the first half of the XVII century, the author of the well known and outstanding book: "Artis Magnae Artilleriae...", published in Amsterdam, 1650⁶⁾ and translated later into many European languages. The chapter concerning the rocket technique contains the sketches of the multistep rocket, the rocket battery, the conic rocket nozzles and the delta-type rocket stabilizers⁷⁾, fig. 5a, and the mul-

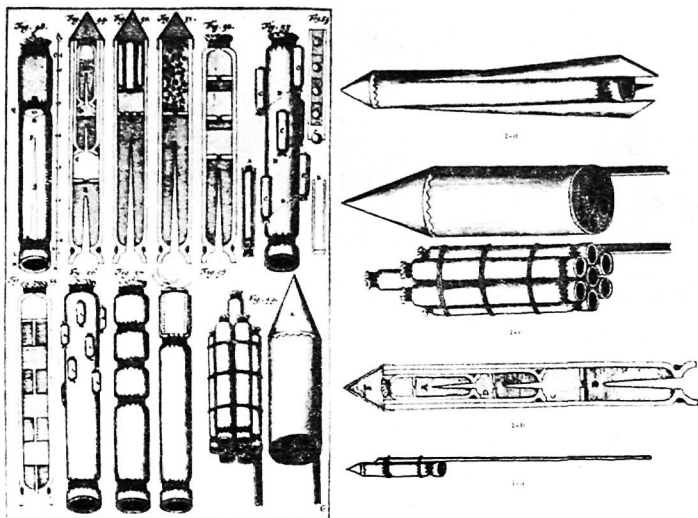


fig.5. a) K.Siemienowicz's drawings from the "Artis Magnae Artilleriae" (1650) of the three stage rocket, rocket battery, delta type rocket stabilizer and conic nozzle of the rocket

b) K.Siemienowicz's drawing, marked as fig.50, represents the two-stage combined rocket; the second stage is the rocket battery, compound of two rockets.

tistage combined rocket, fig.5b. It is not sure are these rocket conceptions own idea of K.Siemienowicz. It is possible that all these conceptions are earlier as Siemienowicz, Dell' Aqua, Schmidlap, Biringuccio or Haas⁷⁾. Similar rocket conceptions were given, mainly independently, by different authors before and after Siemienowicz. Apart of the priority problem the book of K.Siemienowicz was the top achievement in the history of the rocket sciences up to the beginning of the XIX century, namely - up to the publications of Congreve, the British general. As far as the priority of the rocket construction ideas is concerned, it is probable that between the au-

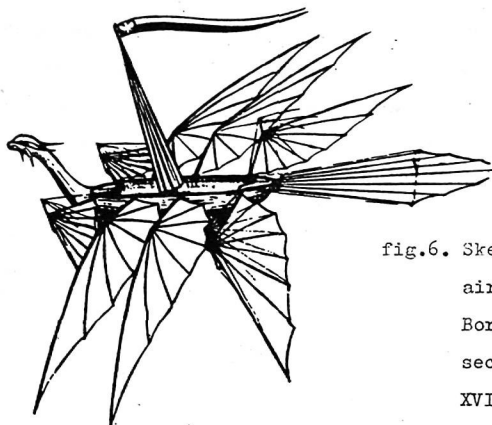


fig.6. Sketch of the aircraft model T.L. Boratyni from the second half of the XVII century, according to /8/.

thors mentioned above and other unknown authors some links may have existed, e.g. an earlier author.

Together with the ingenious Polish constructors of the rockets in the XVII century we should mention also an excellent forerunner of the airplane designers. It was Titus Livius Borattini (or Boratyni) (1617-1682)⁸⁾, born in Italy. He came to Poland in 1641 and was known on the Kings court from 1650. Apart of his state activity (the tenant of the kings mint) he was also doing the research work in science and technology: he invented a new balance has proposed a new and general system of units (time, length and weight). He has constructed also the models of the flying ships, heavier than the air, fig.6. His invention was to separate in the flying apparatus two different functions: lift force (now- supplied by the wing) and thrust force (now supplied by the propeller or the jet engine). The frame of the wings was built of fishbones and covered with some textiles. The role of the engine should play the human muscles.

The rockets used in fireworks and for military purposes were described by W.Bystrzanowski, 1749⁹⁾.

Captain Józef Bem, 1820, gives in his report¹⁰⁾ many technological descriptions how to prepare the raw materials, machines and apparatus to produce the military rockets. There are also summarized the results of the field experiments carried out with the rocket weapon. J. Bem gives also particular account on the bombardment of Gdańsk in 1813 by the English fleet using fire rockets.

Part II: Last years of the XIX century up to the II-nd World War.

From 1895 to 1903 a young man, M. Wolfke (1883-1947), later a professor of physics in the Warsaw Technical University,

was dealing in Warszawa with the problem of the communication with the other planets. In his youth manuscripts "Planetostat" he proposes two possible ways of the realization of the cosmic flight. One of them is the use of the reaction space ship (planetostat). The forward motion of the space ship one can realize thanks the reaction of the solid projectiles or gases leaving the nozzles with great velocity, fig. 7¹¹⁾. This is probably the first written statement of the Polish author on the application of the reaction principle to the cosmic flights. We did not mention in this context the name of K. Ciołkowski (1857-1935), the founder of the scientific astronautics, the great Russian and Sovjet scientists of Polish-Russian origin (his father was a Pole, the mother - a Russian women).

The idea of the space rocket using the charged particles (namely - electrons) as the jet mass, was formulated by A. F. Ulinski¹²⁾, probably for the first time in the scientific literature. The source of the electron energy is the energy of the radiation of the sun, converted in the thermoelectrical batteries, that could supply the voltage of about 250 kV (?). A. F. Ulinski, a Pole, living in Austria, was dealing with the rocket problems from 1913.

The principles of the rocket propulsion and the problems of the space flight were described by F. Burdecki (1929)¹³⁾ in the first probably Polish scientific-popular book on the space flight.

Now we shall describe some technical and scientific papers published in the mentioned period in Poland.

W. Vorbrodt¹⁴⁾ has published during 1931-32 some papers on the military applications of the rockets, on the flight to the Moon and out of the Earth gravitational field. Z. Krzywoblocki has published in the years 1934-39 some theoretical papers on the military application of the rocket and to the propulsion of the aircrafts. Together with H. Stankiewicz and others he has performed some tests with the rocket engines, looking for the stable flight of the rocket with wings. G. Mokrzycki (1935) in his popular book¹⁵⁾ has discussed the application of the rockets to the purposes of the post and communication on the Earth and - to the space flights outside the Earth. Of special interest are the theoretical papers of T. Olpinski, P. Demianczuk and K. Zarankiewicz, dealing with the efficiency of the propulsion, dynamics and mechanics of the flight, ballistics of the rocket projectile and application of the rockets to the space flight. K. Zarankiewicz¹⁶⁾ analyses the vertical flight of the rocket in the Earth gravitational field in vacuum and in the atmosphere taking the empirical formulae for the relation of the velocity on the atmosphere drag for different velocities. He calculates the time necessary to reach the proper parabolic velocity as a function of the accepted model of the atmosphere, the shape of the rocket, burnout the velocity of the gases and the variation of the mass of the rocket, fig. 8a, b. The paper presents the exact mathematical solution of the problem.

The successful experimental work of Oderfeld, Sachs and Bernadzikiewicz¹⁴⁾ has set in motion the model of the jet

engine (1936). Systematic work on the development of the rocket technique would be possible after setting in motion of the rocket stand at the Warsaw Technical University that was begun in 1938 under direction of T. Pelsztyn together with A. Kowalczewski, Z. Paczkowski, D. Smolenski, W. Stolarek and Z. Tulodziedki¹⁴⁾.

We should encounter also to the achievements of the Polish space research the early scientific activity of A. Szternfeld, born in Sieradz (1905) in Poland, studying at the Jagiellonian University in Cracow and later in Nancy in France. The main parts of his well known book "Introduction to the cosmonautics"¹⁷⁾ were written in Lodz (Poland) in 1932-33. This book was presented to the Astr. Comm., that awarded it in 1932. A Szternfeld has moved in 1935 to Soviet Union, where he is continuing his successful scientific work in astronautics. His book¹⁷⁾ was published in an extended version in USSR in 1937.

We should also pay a tribute to the Polish underground movement during the II-nd World War that has informed the allies in England about the German work on the rocket production in Peenemünde on the Szczecin-Bay and on the V-2 rocket flying tests in Middle Poland. One fired rocket was kept by Polish partisans and sent without damage to England for careful scientific and technological investigation. Some parts of the rocket were also investigated in occupied Warsaw by Polish scientists.

Part III: From 1945 up to now

After the II-nd World War developed the investigations in the rocket technique and their scientific and practical application in communication, meteorology, army and exploration of the Solar System. Many of these investigations were also performed in Poland.

At the beginning we shall describe here the work and papers on the rocket technique. The fuel to the rockets were investi-

geted by L.Heger, W.Boldaniuk and S.Ciborowski¹⁴⁾, the liquid fuels - by S.Wojcicki, the ballistic properties of the solid fuels were investigated by D.Smolenski, M.Zembrzusi, W.Dybek, W.Kowalczyk, J.Jorczaek. Thermodynamics and rocket internal ballistics were the subjects of the work of Z.Paczkowski (writing the monograph "Rocket flight mechanics"), D.Narchel, F.Wolnica and R.Odolinski, the stability of the flight or the rockets with stabilizers - that of Z.Paczkowski and L.Wasilewska, the measurements in the rocket technique - that of K.Kowalewski, J.Pakleza, W.Styburski and M.Zembrzusi, the rocket guidance - that of S.Slawinski, R.Dmowski, A.Lizon, K.Holejko, E.Olearczuk, Z.Katlinski and S.Paszkowski, some rocket applications in army - that of S.Wojciechowki, A.Arciuch, W.Kozakiewicz, J.Wisniewski, S.Zukowski, Z.Paczkowski, S.Paszkowski, T.Burakowski, A.Sala, S.Hornung et al.¹⁴⁾

In the Rocket and Satellite Research Department of the Polish Hydrological-Meteorological Institute (PIHM) are performed the measurements of the direction and velocity of the wind on different heights, temperature of the tropo- and strato-spheres, there are received the pictures of the cloud fields transmitted by the meteorological satellites and the pictures in the infrared part of the spectrum. Atmosphere sounding is performed by use of the meteorological rockets "Meteor-1,2,3". These investigations were begun by the work of J.Walczewski, G.Pawlak and J.Kibinski¹⁴⁾.

O.Wolczek and M.Subotowicz were working on the theory of the nuclear ion and plasma rocket engines, on the theory of the rocket flight - N.Bielecki, W.Dudonis, R.Janiczek, Z.Kotlinski, B.Korner, K.Makowski, E.Olearczuk; Z.Paczkowski, M.Subotowicz, K.Zarankiewicz, W.Zakowski et al. In Many papers of M.Subotowicz were investigated

the theories of the classic and relativistic multistep rockets. He has generalized the well known formula of Ackeret on the



PRZEGLĄD TECHNICZNY

CZASOPISMO POSWIECONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU

WYDAWCA SP. Z O. O. PRZEGLĄD TECHNICZNY

REDAKTOR INŻ. K. STUZIŃSKI

Nr 4

WARSZAWA, 1 MARCA 1939 R.

Tom LXXVII

K. ŻARANKIEWICZ

629. 136. 3

O ruchu rakiety kosmicznej

Wstęp.

Stare, frapujące pytanie czy można zbudować aparat, przy którego pomocy udałoby się wyrzucić z powierzchni ziemi ciało materialne, tak, aby nie powróciło na ziemię, lecz uleciało w przestrzeń kosmiczną — nie znajdzie w tej pracy odpowiedzi. Pozytywną odpowiedzią na to pytanie byłoby jedynie dzieło natury technicznej — konstrukcja aparatu, przy którego pomocy można by takie doświadczenie wykonać z wynikiem pomyślnym; negatywną odpowiedzią byłoby udowodnienie, że taka konstrukcja jest nie możliwa. Jedno jest pewne: istnieje teoretyczna możliwość zbudowania takiego aparatu, co bynajmniej nie jest równoznaczne z stwierdzeniem, że aparat taki da się praktycznie zbudować z materiałów, którymi rozporządzamy. Jak się zdaje, zaledwie zaczynamy się zbliżać do granic technicznej możliwości zbudowania takiego aparatu; czy te granice przekroczyliśmy już czy też nie, niepodobna dzisiaj rozstrzygnąć — jest to zresztą sprawa techniki, a nie teorii. Pytanie to pozostawiamy na uboczu i nie będziemy się nim zajmowali.

Można jednak nie kusić się o udowodnienie możliwości lub niemożliwości „wyrzutu” kosmicznego, a ograniczyć się do obliczeń liczbowych związanych z tym zagadnieniem. Dane liczbowe uzyskane z rachunku zawsze posiadają swą wartość, chociażby z abstrakcyjnego punktu widzenia.

Literatura omawianego zagadnienia w ogromnej większości ma charakter popularno-naukowy; jest ona dość mętna, pełna pomysłów fantazyjnych lub niewykonalnych, nie jest wolna od błędów, wreszcie posiada wyraźne nastawienie uczuciowe za lub przeciw technicznej możliwości rozwiązania zagadnienia.

Wydaje się, że droga, która pozwoli zrealizować wyrzucenie ciała materialnego w przestrzeń kosmiczną, prowadzi do konstrukcji rakietyowej¹⁾. Rakieta będzie-

my nazywać układ punktów materialnych, który podczas ruchu traci swą masę. Silnik rakiety (reaktor) daje ruch układowi niezależnie od tego czy znajduje się w jakimś środowisku materialnym (np. powietrzu), czy też znajduje się w próżni; okoliczność ta jest podstawową dla rakiety kosmicznej.

Wyobraźmy sobie schematycznie, że trwanie masy przez rakieta odbywa się przez wyrzucanie z niej w kierunku przeciwnym do ruchu rakiety z ogromną prędkością gazów spalinowych z paliwa, które rakieta zabiera ze sobą. Paliwo to, czy nim będzie proch czarny prasowany lub inne środki wybuchowe, czy wreszcie benzyna lub wodór i tlen, posiada tę cechę, że wyrzucanie z rakiety „za siebie” gazów odbywa się na skutek przemian chemiczno-termicznych, połączonych z ogromnym wzrostem temperatury. Tutaj leży jedna z poważnych trudności natury technicznej — aby uzyskać ogromne prędkości wypływu gazów, konieczne dla wyjścia rakiety w przestrzeń kosmiczną, trzeba wytworzyć wysokie bardzo temperatury (sięgające 5 000°C) i przetworzyć je na energię kinetyczną. To przetworzenie odbywać się będzie praktycznie zawsze tylko w mniejszym lub większym procencie tak, że jeszcze poważne zapasy energii marnować będą się w postaci wysokiej temperatury gazów wypływających. Wielki krok naprzód nastąpiłby, gdyby się udało uzyskać wielkie prędkości cząstek materialnych z pominięciem konieczności wytwarzania bardzo wysokich temperatur. W tym kierunku rzucił pewną myśl Polak F. A. Uliński²⁾, który proponował uzyskanie promieni katodowych i ciał promieniotwórczych.

Wydaje się rzeczą wysoce prawdopodobną, że w każdej rakiecie kosmicznej odgrywać będzie istotną rolę „dozowanie” paliwa, ruch bowiem rakiety z wielu względów nie powinien być dowolny, a przeciwnie —

¹⁾ H. Lorenz w pracy p. 1.: Die Möglichkeit der Weltraumfahrt, Zeitschrift d. Vereins Deutscher Ingenieure, t. 71, 1927, str. 651; nast. obliczył, że obecne środki wybuchowe są za słabe, aby można było takie wyrzucenie masy w przestrzeń kosmiczną zrealizować drogą „wyrzutu” ze specjalnie skonstruowanej armaty. W tymże artykule autor dochodzi do wnios-

ku, że również i rakieta kosmiczna nie da się obecnie technicznie wykonać — ten jednak wniosek autora nie jest bezsporny.

²⁾ Das Problem der Weltraumfahrt, Der Flug, Wiedeń, Sonderheft, grudzień 1920.

fig.8. a) Titel page of the paper of K.Zarankiewicz: O ruchu rakiety kosmicznej (On the motion of the space rocket), 1939, /16 /.

gdzie

$$a = \frac{(k+1) \cdot 9,81}{n \cdot 1000};$$

$$b = n \cdot 1000 \cdot 1000; \quad k=3; \quad n=3;$$

To równanie całkować będziemy w przedziale $0 < t \leq 70$ sek.

Całkę równania (22) przy warunkach początkowych dla $t = 0$; $f(0) = 1$, jest funkcja

$$f(t) = e^{-at} \left[1 - \frac{1}{b} \int F e^{at} dt \right]$$

Całka, występująca w tym wzorze, jest obliczona przy pomocy reguły Simpsona; rachunek liczbowy przedstawia w skróceniu tabela:

TABELA 6.

t	$\frac{F}{b}$	e^{-at}	$\frac{F}{b} e^{at}$	$\int \frac{F}{b} e^{at} dt$	$e^{-at} \int \frac{F}{b} e^{at} dt$	f(t)
1	0,0000022	0,98700	0,0000022	0,0000011	0,000001	0,9869
5	0,0000573	0,93449	0,0000611	0,0001015	0,000095	0,9346
10	0,0002486	0,87740	0,0003061	0,0008713	0,0007644	0,8766
15	0,0010487	0,82185	0,001276	0,0048456	0,0039823	0,8179
20	0,0013934	0,76983	0,0018010	0,0126534	0,0097409	0,7601
25	0,0013051	0,72109	0,0018099	0,0217031	0,0156498	0,7054
30	0,0010184	0,67544	0,0015077	0,0299971	0,0202612	0,6552
40	0,0003099	0,59263	0,0005067	0,0406090	0,0240661	0,5486
50	0,0000396	0,51997	0,0000761	0,0435070	0,0226223	0,4973
60	0,0000098	0,45622	0,0000214	0,0442070	0,0201681	0,4361
70	0,0000011	0,40019	0,0000027	0,0443932	0,0177657	0,3824

Dla przedziału czasowego $70 < t \leq 338$ sek przyjmujemy, że ruch rakiety odbywa się w próżni, to jest z równaniem określającym funkcję $f(t)$ nie jest (22), lecz wzór (14) gdzie stałą C należy obliczyć przyjmując dla równania (15), jako początkowe warunki ruchu: dla $t = 70$ jest $f(70) = 0,3824$ (wartość uzyskana z powyższej tabeli).

Wówczas wartość:

$$e^{-\frac{c}{3000}t} = 0,95375$$

jest czynnikiem, przez który należy pomnożyć wartości funkcji $f(t)$ zawarte w tabeli 1, dla $t > 70$ sek, aby otrzymać z nich wartości funkcji $f(t)$ dla rakiety, która przeszła przez warstwę powietrza, a dalej, jak zakładamy, porusza się w próżni.

W ten sposób, jako dalszy ciąg tabeli 4, otrzymuje się wartości liczbowe (tab. 7) funkcji $f(t)$ dla rakiety, która przeszła warstwę powietrza sławiającego nieznikającą praktycznie opór i po 70 sekundach ruchu porusza się już tak, jak gdyby była w próżni.

TABELA 7.

t sek	f(t)	t sek	f(t)	t sek	f(t)
80	0,3358	200	0,0724	338	0,0139
100	0,2591	240	0,0389	350	0,0117
150	0,1363	300	0,0211	380	0,0082

Ostatecznie, odczytując z tej tabeli $f(t)$ dla $t = 338$ sek, możemy powiedzieć, że rakietę, jak wyżej, rozpoczynając swój ruch z masą o ciężarze 9810 kg uzyskuje prędkość paraboliczną, przy uwzględnieniu oporu powietrza, z masą o ciężarze 136 kg; bez uwzględnienia oporu powietrza (patrz tabela 1) uzyskałaby prędkość paraboliczną z masą o ciężarze 143 kg.

Gdybyśmy rakięcie nadali początkową prędkość z pomocą czynników zewnętrznych, np. przy pomocy armaty elektromagnetycznej, która by np. nadała prędkość 300 m/sek. na przeszczeni 1500 m w pionie, to masa końcowa rakiety powiększyła by się do 157 kg. Widzimy, że zysk na powiększeniu masy końcowej rakiety (przy uzyskaniu prędkości parabolicznej) jest bardzo niewielki; z drugiej strony zaś np. koszt budowy armaty elektromagnetycznej, sięgającej na wysokość 1500 m (np. przy strumym stoku góry), byłby olbrzymi.

LITERATURA.

C. Cranz, Lehrbuch der Ballistik, 3 tomy. Berlin 1926.
 R. Esnault Pelterie, L'exploration par fusées de la tres haut atmosphere et la possibilite des voyage interplanetaire, Astronomie, Paryz 1928.
 R. H. Goddard, A method of reaching extreme altitudes. Smithsonian Institution, Waszyngton 1919.
 W. Hohmann, Die Erreichbarkeit der Himmelskörper. Monachium-Berlin 1925.
 W. Ley, Die Möglichkeit der Weltraumfahrt, Lipsk 1928.
 H. Oberth, Wege zur Raumschiffahrt, Monachium-Berlin 1929.
 M. Valier, Raketenfahrt, Monachium-Berlin 1928.
 A. B. Scherschewsky, Die Rakete für Fahrt und Flug, Berlin 1929.

b) the last page of the paper of K. Zarankiewicz, /16/, with main results and references.

velocity of the one step relativistic rocket on the case of the multistep relativistic rocket¹⁸⁾. Different rocket parameters, the general characteristics of the rockets and the space ships were investigated in the papers of M.Subotowicz, R.Szymanski, R.Vogt and S.Wójcicki.

The great deal of work on the popularization of the rocket and astronomical problems was and is performed by: E. Bialoborski, K.Boruh, Z.Brodzki, J.Gadomski, W.Geisler, A. Marks, J.Salabun, M.Subotowicz, O.Wolczek, K.Zarankiewicz et al. The following people are dealing with the history of rocket and space research in Poland: W.Geisler, E.Olszewski, T.Przyrkowski, T.Nowak, M.Subotowicz, J.Thor et al.

The possibility of the space research using new rocket technique stimulated also the Polish scientists to work on the new subject. At the beginning this work was concentrated around the Astronautical Department of the Polish Academy of Sciences (PAN), directed by K.Zarankiewicz (1955-59). In 1960 was published the monograph of M.Subotowicz "Astronautyka"¹⁸⁾, covering the progresses in astronautics up to the 1960. From the 1965 was established the Committee of PAN of the Research and Peaceful Use of the Space. There are realized the rocket and satellite investigations of the sun under J.Mergentaler and of the interaction of the primary cosmic rays with matter under M.Miesowicz. Also there was organized the steady service to observe the artificial satellites of the Earth.

Widely known became the investigations of J.Gadomski¹⁹⁾ on the ecospheres of the stars in distance of about several light years around the sun. Ecosphere around the particular star means the "life zone", where exist the thermal conditions and the planets, that enable to develop the macro-particles of essential biological importance, necessary to the development in the evolutionary way of the living organisms. It follows from the analysis of J.Gadomski that in radius of

about 17 light years around the sun there exists 14 stars of similar to the sun spectral class that possess the ecospheres. But there are 3 stars only of astronomical interest.

An interesting project was suggested by O.Wolczek²⁰⁾ to investigate the cosmologic processes in space exploding there the hydrogen bombs. Different problems of the space physics were investigated in papers of W.Fiszdon, J.Jatczak (cosmic ray physics), K.Kordylewski (the matter in the libration points of the Earth-Moon system), A.Januszajtis, M.Lunc, A.Marks, M.Subotowicz, O.Wolczek, J.Walczewski. Some suggestions concerning the possibility of the verification of the general theory of relativity using astronomical methods were presented by M.Subotowicz. This same author presented some proposals to detect the antimatter in the Moon laboratory.

The references concerning all the papers mentioned in this III part may be found partly either in¹⁴⁾ or in scientific astronomical journals published in Poland: Technika Rakietowa (1957-63), Postepy Astronautyki (from 1967), Technika Lotnicza i Astronautyczna, Biuletyn Informacyjny of the Polish Astronautical Society (1956-57), Astronautyka (from 1958). We did not discuss here the papers on the space medicine directed by Kaulbersz, Bilski, J.Walawski, S.Baranski, Z.Jethon, Z.Kaleta, as well as the papers on the space law directed by M.Lachs, J.Machowski, J.Sztucki and others. All these papers should be referred separately.

With all the problems concerning scientific and popular work in astronautics are dealing in Poland: Polskie Towarzystwo Astronautyczne (Polish Astronautical Society), founded at Dec. 30, 1954 and Komitet d/s Badań i Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej Polskiej Akademii Nauk (Committee on the Space Research and its Peaceful Use of Polish Academy of Sciences). Polish Astronautical Society (PTA), that has about 800 members, is the editor of the scientific bimonthly "Postepy

Astronautyki" and scientific-popular bimonthly "Astronautyka". PTA organizes every two years the Scientific Conferences of the Rocket Technique and Astronautics, represents Poland during the International Astronautical Federation (IAF) Congresses, in the Commissions of IAF and in the International Astronautical Academy in Paris. PTA is also the sponsor of the scientific research in astronautics and popularizes the astronautical achievements.

References

- 1) W.N.Sokolskij, Iz istorii awiacii i kosmonawtyki, AN SSSR, 1968, wyp.6, str. 77.
- 2) J.Dlugosz, Historia Polonica, vol.1, part.VII, p.811-812, 1455-1480.
- 3) T.Przypkowski, Technika Rakietowa, 5, 1963, Nr.13,p.75, Astronautyka, 2, 1959, Nr.1-2(8-9), p.5.
- 4) M.Bielski, Sprawa Rycerska, Krakow, 1569, ksiega 8 "O sprawie puzzkarskiej"
- 5) A.Dell'Aqua, Praxis Reczna Dziala, rękopis (manuscript) 1630-1635; printed 1969, Wroclaw, Ossolineum, introduction and comments of T.Nowak,
- 6) K.Siemienowicz, "Artis Magnae Artilleriae", pars I-ma, Amsterdam, 1650.
- 7) M.Subotowicz, Kwart.Hist.Nauki i Techn., No.3,1957, p.485-513. Kwart. Hist. Nauki i Techn. 13, 1970, 805, No. 4.
- 8) C.D.Waard, ISIS, 24, 1935-36, 125.
E.Jungowski, Problemy, 24, 1968, 39, No. 1.
- 9) W.Bystrzanoski, Informacje matematyczne rozumnie ciekawego Polaka - swiat caly, niebo y ziemia, Lublin, 1749, str.500.
- 10) J.Bem, Erfahrungen über die Congrevschen Brand-Raketen bis zum Jahre 1819 in der Königlischen Polnischen Artillerie gesammelt ..., Weimar, 1820.

- 11) J.Szpecht, Wśród fizyków polskich, Lwów, 1939.
- 12) F.A.Ulinski, Der Flug (Sonderheft), Dezember, 1920.
- 13) F.Burdecki, Podroze międzyplanetarne, Lwów-W-wa, 1929, str. 93.
- 14) Z.Paczkowski, red., Materiały dokumentacyjne, Technika Raketowa, 5, 1963, zesz. 13.
- 15) G.Mokrzycki, Przeszłość, terażniejszość i przyszłość lotnictwa, Warszawa, 1935.
- 16) K.Zarankiewicz, Przegląd Techn., 77, 1939, 139-145, No.4.
- 17) A.Szternfeld, Wwiedzenie w kosmonawtykę, Moskwa, 1937.
- 18) M.Subotowicz, Jet Prop., 28, 1958, 460; Proc.X-th Int. Astron. Fed. (IAF) Congress, London, 1959; Astronautyka, PWN, Warszawa, 1960, p.1-586.
- 19) J.Gadomski, Proc. IX (1959), X(1960), XI (1961),XII (1962) IAF Congresses, Springer-Verlag, Wien, Austria.
- 20) O.Wolczek, Proc. IX IAF Congress, Wien, 1959, p.67.

L. S. Swenson (USA)

ON THE MIXTURE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
OF THE APOLLO 8 CIRCUMLUNAR AND THE APOLLO 11 LUNAR
LANDING MISSIONS

"Science" is often defined idealistically as the creative quest for understanding Nature coherently. "Technology", on the other hand, is usually defined pragmatically denoting the creative engineering of tools and techniques while connoting the quest for efficiency in exploiting Nature for human ends. In American language and culture this mixture of idealistic science with practical technology forms an uneasy marriage between creative types of people who compete and cooperate among themselves to achieve social goals beyond themselves. Insofar as history is the study of change and continuity in human affairs over space and time, the history

of cosmic science and technology may well focus on the relationships between means and ends also, on how ends become translated into means for further ends.

During the last "space-race" decade, manned spaceflight has been a (if not the) primary nexus of interaction between science and technology. The American team, managed by the National Aeronautics and Space Administration (NASA), started late in response to the Soviet challenge to create the ability to fly in space and to visit the moon. This project named Apollo was a means that became an end in itself and is now once again a means for other ends. Three central activities -- scientific research, technological development and operational performance -- were required to accomplish many ancillary projects, first with automatic and then with manned spacecraft, in pursuit of the goal of Apollo. Projects Mercury, Gemini and Apollo each evolved through research, development and operations phases. I am asking how scientists and engineers learned to coexist within Apollo.¹

This paper outlines two cases scientific and technological people confronted each other within Apollo in decisions that affected the historical profile of the race toward man's first two major lunar voyages. The first case deals briefly with why Apollo 8 became a circumlunar and lunar orbiting mission, without scientific duties specifically assigned to the astronauts. The second concerns the evolution of the Apollo Lunar Surface Experiments Package (ALSPER), and why it was replaced on Apollo 11 by something less, called "EASEP". My choice of the significant "first" of Apollo 8 and 11 introduces a natural bias toward "engineering" rather than "science" as being more significant initially in demonstration test flights.

O r i g i n s

Apollo began within NASA in 1959 and 1960 as a study program for a circumlunar flight. By the time Y.A.Gagarin first orbited the Earth in April 1961, Apollo was more than a plan for circumnavigation of the moon yet less than a single scheme for a lunar-orbit-rendezvous approach to a lunar landing. The actual implementation of the lunar landing goal was based on many diverse feasibility studies but required research, design, development, test and operations engineering of the highest order to achieve, within set limits of cost, time and quality, the voyage chosen in May 1961 by the Congress and President J.F.Kennedy.²

In the spring of 1961, NASA began institutional preparations for integrating scientific investigation and technological development for its first manned lunar missions. J.E.Webb, the second NASA Administrator, vigorously sought to build a broad base of support for manned space flight by enlisting as much of the country as possible in the Apollo effort. His respected deputy, H.L.Dryden, had long been active in fostering advice and counsel to NASA from other government agencies and universities at home and abroad. Various conferences and symposia had laid the foundations for a NASA-sponsored series of summer study groups and consultant panels that began in 1962 to plan in earnest for a manned lunar landing.

Older than NASA officially by a few weeks was the Space Science Board (SSB) of the National Academy of Sciences (NAS) founded in June 1958. Under the guidance of L.V.Berkner, H.Odishaw and H.H.Hess, the SSB, functioning through the National Research Council, played an important role in helping the executive and legislative branches of government to balance the manned and automatic space flight programs. As NASA grew into the decade of the sixties, the SSB served as

a scientific conscience to NASA as a whole and for Apollo in particular, however small and weak that voice may have appeared at times. The life sciences, especially human physiology and biomedical hygiene, stood to gain much from the one unique element, man, in manned space flight. Yet biology was not an integral part of the National Academy's SSB, nor of NASA until the middle of the decade. Hence the physical and material sciences rather than the biological and earth sciences dominated early policy definitions. Largely because of weight and volume constraints in the first sets of manned spacecraft, the advisory activities of the SSB and professorial consultants grew slowly through Mercury and Gemini. By the time Apollo got well under way, however, the advice of university-based scientists was also sought in conjunction with NASA-wide teams of experts. In July 1965, at Woods Hole and Falmouth, Massachusetts, the NAS and NASA sponsored two major conferences in series which effectively set the course for Apollo's main contributions to lunar exploration and science³.

Other conferences, earlier and later, helped codify the disciplines of interest, defined at Falmouth as geodesy/cartography, geology, geophysics, bioscience, geochemistry (mineralogy and petrology), particles and fields, lunar (i.e. planetary) atmospheres, and astronomy. A list of major scientific questions about the moon -- concerning its interior, surface and history -- began to be forged from these discussions among 150 participants. After a year's gestation within NASA, the National Academy's recommendations for the most significant scientific data to be sought by Apollo (and its ancillary programs -- Ranger, Surveyor, and Orbiter) was distilled from a significant list of "Fifteen Questions." These questions were assigned to various working groups in Washington and at the field centers so that NASA coverage could be as responsive as possible. Geophysics was the lead-

ing discipline represented, followed closely by geochemistry and geology. Smaller working groups handled cartography, radiation and fields, meteoroids, atmospherics, and planetology. Most of the "Fifteen Questions" (see Note 4) still await more definitive answers, but preliminary data since July 1969 and January 1970 have stirred the caldrons of these branches of science at least. Among Apollo's engineering managers however, there were a few immense and far more compelling questions. How can a manned lunar landing be achieved safely and repeated reliably? How shall we balance the needs for quality, time, and cost controls?⁴

C a s e I

Long before Apollo 8 flew around the moon in December 1968, there had been many events and decisions within NASA and Apollo indicsting that science would be supercargo on the early missions. Every ounce of payload seemed required to insure the success of the mission, and the engineers were truly in charge. Apollo 8 represented a change in program plans, not merely a change in mission plans. Nevertheless, during the last half-year before the flight was launched, there remained not only the problem of deciding to short-circuit the latest order of mission planning (which called for an elliptical Earth orbital mission next) but also of allocating crew time and equipment for more purely scientific purposes. Cartographic duties, selenocentric environmental sampling, and "mescon" measuring were considered secondary to the primary needs for monitoring of spacecraft systems behaviour and engineering performance. Among NASA engineers responsible for Apollo, more critical problems were obvious: how much fuel might be needed for overcoming gravitational anomalies? How much redundancy (and therefore weight) would be necessary to assure reliability.⁵

The men chosen to fly this mission -- F.Borman, J.A.Lovell and W.A.Anders -- were (like all American astronauts who have flown to date) primarily test pilots by background and temperament. Their supplementary training as space flight engineers was by necessity far more intensive than their special education as "space scientists". New classes of "scientist-astronauts" had been introduced into the program, but for the first new missions even most "pure scientists" agreed on the need for experienced test pilot-astronauts. Their primary duties as pathfinders and demonstration pilots for the Command and Service Module (CSM) system came first. The basic issues in the reorganized planning for Apollo 8 were what weights, time and instruments ought to be allocated to insure safety and success rather than to search for answers to scientific questions. No novel queries were expected to arise from their unique expedition as the first men so far from home.⁶

These issues were debated in the summer of 1968 in the context of recovery from a traumatic tragedy and after the series of three successful test flights, Apollo 4, 5 and 6 (launched November 9, 1967, and January 22 and April 4, 1968, respectively). These had gradually proved the readiness of various Saturn and Apollo systems. In essence, the collective NASA consensus arose during the first half of August 1968 that Apollo 8 might be sent to encircle the moon, if Apollo 7 the first manned mission of the series, should prove all Command Module systems spaceworthy. After Apollo 7 (launched October 11) had borne W.M.Schirra, D.F.Eisele and R.W.Cunningham aloft for 11 days, NASA administrators and Apollo program managers prepared to capitalize on their success and to outflank the failure of the Lunar Module to be fully flight ready. Apollo 7 so well demonstrated in Earth orbit the capabilities of the Command Module and its pilots that the next step, an extended elliptical orbit toward the moon with the

Lunar Module in tow could logically be bypassed in favor of a circumlunar, if not a lunar orbital, mission by the Command/Service Module alone.⁷

Thus, at the end of October 1968 (after debriefing the Apollo 7 crew, analyzing the postflight data from both Apollo 6 and 7, and deciding on the readiness of the Saturn V to be manned) NASA Headquarters and field centers concurred that the spacecraft should be combined with the Saturn V vehicle to send Apollo 8 all the way into lunar orbit. Years earlier, hopes had run high that the Lunar Module would now be ready for its first trip into cislunar space. Largely because the Lunar Module was behind schedule, however, Command Module #103 was packaged alone (with a stand-in model for the Lunar Module in the Saturn V's adapter area atop its third stage) for the first circumlunar demonstration flight.⁸

No normal scientific experiments were planned for Apollo 8 because the mission as flown was hastily conceived as a tactical technological maneuver. After the August planning decision to exercise the built-in flexibility of the program, NASA officials solicited recommendations from those scientists who were "principal investigators" or who served on various scientific advisory committees for manned space flight. Their advice on tasks and observations to be assigned within equipment and schedule constraints emerged only in certain modifications to initial photographic plans and instruments. Apollo 8 was to blaze the trail to the moon and reconnoiter its equator for the best campsites.

The photographic results were spectacular, to say the least. Seven 70-millimeter black and white film magazines were exposed, yielding more than 150 photographs of Earth and more than 700 of the moon. Also five 16-millimeter magazines of color pictures were taken, covering about 90 percent of the photographic objectives of the mission. Taking pictures

of targets of opportunity on the moon, as well as making stereostrip and sextant films, Borman, Lovell and Anders greatly amplified the knowledge gained from the pioneering Soviet Luna III (first lunar backside pictures, October 1959), Luna IX (first lunar soft-landing, January 1966), and Luna X (first lunar orbit, April 1966). Apollo 8 helped to fill many gaps left in selenographic charts even after the higher resolution and more systematic coverage from the American series of automatic spacecraft: three successes from the Ranger Program (television to lunar impact, 1964-1965), five from Surveyor (lunar soft landing, 1966-1968) and five from Lunar Orbiter (1966-1968). Smaller features on the far side of the moon, many of them heretofore undiscovered, were recorded at much closer distances than had been achieved by unmanned spacecraft. For example, bright rays from the crater Giordano Bruno were traced around the far side, and the craters Joliot-Curie, Lomonosov, and Tsiolkovsky were brought within a 60-mile focus and thus confirmed in detail. The photography and visual observations from Apollo 8 were magnificent -- a first set of icons showing Earth as a moon when seen from the moon and reinforcing the imagery of "Spaceship Earth". If the scientific spin-off from Apollo 8 was yet to come, its technological and inspirational spin-off was enough reward.⁹

C a s e I I

In planning the first Apollo lunar landing, crew safety and mission success were always the first and second highest priorities. Over the decade, however, as dreams hardened into designs, a set of scientific questions arose as to how best to utilize the 15 cubic feet of space and 150 pounds of weight reserved for the scientific instrumentation package to be placed on the moon by man's hand. The first and most obvious scientific justification for lunar surface activity was

simply the collection of samples of material. The return to Earth laboratories of any pristine moon rocks, dust or soil should prove self-satisfying in answering the age-old question of what is the moon made? If, in addition, short coresamples or documented specimens photographed in situ and described in context could be obtained, the burgeoning community of selenographic specialists would be most happy; they could then begin to answer some 'why' questions. Because Apollo had long been sanctioned as a program for a series of lunar landings, not merely a single event, the real problem of scientific-technological trade-offs was elevated to the economics of overall mission planning. Rank-orders needed to be established for scientific questions that ought to be asked and answered within the framework of six or so lunar equatorial landings.¹⁰

But this need raised the issue of deciding which of the sciences is most basic. Apollo planners faced such issues as, "How can we satisfy all the different branches of science that want to get aboard Apollo?" and "How shall we evaluate all these proposals for experimental apparatus?" NASA engineers had learned much from their Gemini experience on how not to treat science, but the moon seemed very far away even yet. Through the establishment of several boards and committees, offices and institutes, NASA, its field centers and advisory groups began in 1966 and 1967 to improvise a secondary consensus on what the astronauts as scientists-by-proxy should do on the moon.¹¹

On January 5, 1966, NASA published the results of the "Falmouth Conference" of the previous summer, thereby implying that the Woods Hole recommendations for lunar science priorities were under serious advisement. The scientific conferees had given priority first to the return of lunar samples, second to emplacing a scientific station, and third to traversing as much lunar territory as possible. A few weeks

later, official notice was made that the main experiments had been selected for inclusion in a manually deployed, automatically reporting scientific station to be transported to the moon by Apollo spacecraft. Seven experiments were chosen to fit within a new weight allowance of 200 pounds: (1) a passive lunar seismometer; (2) a triaxis magnetometer; (3) a medium-energy solar wind experiment; (4) a suprathreshold ion detector; (5) a lunar heat-flow meter; (6) a low-energy solar wind experiment, and (7) an active lunar seismometer. These and other such measurement modules had been under study by academic scientists, industrial contractors and government groups, particularly through the Jet Propulsion Laboratory and Marshall Space Flight Center, since at least 1962. But the Manned Spacecraft Center (MSC) at Houston, with cognizance over the Lunar Module, was finally assigned management control of a contract for the lunar surface experiments to go with the LM in March 1966. Both the contract and the instruments grew in size, weight and complexity thereafter, until questions of priority, usage and cost-benefits had to be faced all over again.¹²

On March 23, 1966, MSC officials signed a contract with the Bendix Corporation (Systems Division) for an "Apollo Lunar Surface Experiments Package" or simply "ALSEP". This called for eight ALSEP flight systems powered by a portable plutonium power plant, a government-furnished radioisotope thermoelectric generator to provide electricity for all ALSEP systems for a design-lifetime of one year on the moon. Bendix was to develop and test four different ALSEP arrays, equipped with eight experiment modules designed for flexible interchange. Five functional design areas were specified: structure and thermal protection, electrical power, data gathering and telemetry, astronaut hand tools, and miscellaneous experiment subsystems, the manufacturer was also asked to subcontract other experiment modules that had passed feasibility tests.¹³

Bendix was almost ready to deliver its first ALSEP array when, on January 27, 1967, a flash fire atop Apollo/Saturn 204, undergoing tests on the launch pad at Cape Kennedy, snuffed out the lives of Astronauts V.I. Grissom, E.H. White and R. Chaffee. Both scientific advisors and Apollo program managers had long since agreed that flight planning should concentrate first on demonstrating a reliable transportation system. Now that every aspect of reliability had been jeopardized by the 204 fire, the science packages, growing in weight and complexity, should be sacrificed first-- or at least postponed. After the death of Cosmonaut V.M. Komarov in April 1967, another tragedy meant another reassessment for both American and Soviet manned space flight programs. The first ALSEP array was cut from seven to four experiments that same April.

Meanwhile, unmanned experiments in space since Sputniks I and II a decade earlier had built up such momentum that H.E. Newell, NASA's Associate Administrator and chief spokesman for science, could say in retrospect, "Today success is routine and failures are rare." Achievements in space science by the end of 1967 were so significant that NASA's Office of Space Science and Applications appeared to many university professors to offer more promise than manned spaceflight for scientific returns. The proliferation of new interdisciplinary specialists, however, complicated the decision-making process. By now the "Fifteen Questions" posed in 1965 by the SSB were being amplified to 26 or more, each assigned to principal investigators whose ALSEP modules should furnish, eventually, answers to most of these questions.¹⁴

On November 15, 1968, NASA released plans for reducing the ALSEP to an "EASEP" (Early Apollo Surface Experiments Package) for the first lunar landing attempt. While ALSEP had been postponed, EASEP was envisioned and approved as a compromise, easier package of two experiments for first use;

it was described as providing "maximum scientific data with minimum astronaut risks." Most selenologists were agreed that the passive seismometer (a 100-pound, self-contained station with a year's Earth-moon communication capacity) was the single most valuable instrument developed for ALSEP, and so should be the main ingredient on EASEP. The second instrument (a 70-pound laser ranging retroreflector), although a new addition to the package, was likewise hardly controversial because of its great potential for precision measurement of the Earth-Moon barycenter, the moon's librations, lunar cartography, continental drift on Earth, and many other benefits. A third instrument (a one-pound "window-shade-type" of extendable-retractable foil for a solar-wind composition experiment) was also authorized to ride Apollo 11. Its proposal had been too beautiful, simple, and valuable to refuse, although technically not an intrinsic part of EASEP. J. Geiss and P. Signer, of the University of Berne in Switzerland had developed this item to get ionic data about our "solar atmosphere". By March 25, 1968, they learned of its acceptability for Apollo. This "Swiss Flag" experiment readily adapted to the needs for science with minimum astronaut distraction, for international cooperation, and for technological service to scientific ends.

ALSEP was therefore held in reserve until the second landing attempt, partly because it cost so much astronaut time to deploy but mostly because tight margins for safety and success under unknown conditions dictated that prudence should prove the better part of valor. As it turned out, that decision was fully vindicated: the ALSEP replaced by Apollo 12 and subsequently have been well worth waiting for, and Apollo 11 did indeed need that extra fuel for finding an acceptable landing spot. The compromise had paved the way for Armstrong and Aldrin to set down safely.

C o n c l u s i o n

From the historical considerations presented here, altogether too briefly, I have surveyed two cases suggesting how science and technology were mixed inside the American consortium that accomplished the first manned circumlunar and lunar landing missions. A better history of the Apollo 8 decision and lunar orbital flight would fill a book; my outline here merely submits that the essential story fits the genre of history of transportation technology better than the history of science. The same may be said for the Apollo 11 mission, except that the scientific payload represented a compromise between scientific and engineering trade-offs that could hardly be fully satisfying to either interest. However, the human adventure and exploratory returns from the first Apollo flights were so inspiring that hopes for improvement of the balance between science and technology in Apollo outran immediate possibilities for delivery. The necessity imposed by engineers on scientists to wait for Apollo 12 et sequitur anticipated the growth in payload capacity after the transport system was demonstrated. That faith has been justified.

As often happens with accelerating technological change, social change seems paradoxically to lag behind and yet to pace our anticipations. The revolution of rising expectations based on scientific and technological mixtures in socio-economic developments, frequently leads people to expect too much too soon. If the Apollo 8 and 11 missions seemed to short-change science, good and sufficient engineering reasons were advanced to justify that appearance; in the context of the whole Apollo program, with many missions to follow, with stay-time and payload capacity expected to increase, science could better be served by less attention at first. Thus Apollo's managers endured the myopia of their scientific cri-

tics and held fast to their primary goals. If they too were myopic in failing to appreciate deeply enough the differences in motivational sets of their principal investigators, distinctions that scientific workers inside the program felt were essential to their status and identities as teammates, then short-sightedness itself is to blame. History is a good antidote for this malady; its study can also help us see why we overestimate what can be accomplished in short-term (say, 5-year) projects and underestimate what may be achieved in long-range (say 10-year) programs. A shared historical perspective can also show us that rational compromise is less a threat to principles than a way of living promise.¹⁶

N o t e s

1. Loyd S. Swenson, Jr., James M.Grimwood, and Charles C. Alexander, This New Ocean: A History of Project Mercury, NASA SP-4201 (Washington, 1966); J.M.Grimwood and Barton C.Hacker with Peter J.Vorzimmer, Project Gemini; Technology and Operations: A Chronology, NASA SP-4002 (Washington, 1969); Ivan D.Ertel and Mary L.Morse, The Apollo Spacecraft: A Chronology, vol.I, NASA SP-4009 (Washington, 1969). For basic chronologies published by NASA Historians, see Eugene M.Emme, Aeronautics and Astronautics: An American Chronology of Science and Technology in the Exploration of Space, 1915-1960 (Washington, NASA, 1961), and Astronautics and Aeronautics 1963-/yearly to present/, Frank W.Anderson, ed.
For another set of perspectives over the development of space sciences, see V.V.Fedynskii, ed., The Earth in the Universe, NASA TT F-345, translated from the Russian original (Moscow, 1964) by the Israel Program for Scientific Translations (Jerusalem, IPST, 1968). Cf. Charles S.Shel-

don II, Review of the Soviet Space Program, with Comparative United States Data (New York, McGraw-Hill, 1968). See also Arnold W. Frutkin, International Cooperation in Space (Englewoods Cliffs, Prentice-Hall, 1965) and updated article by same title in Science 169: 333-339 (24 July 1970).

For a good introduction to the sociology of science, see Walter Hirsch, Scientists in American Society, (New York, Random House, 1968); cf. G.M. Dobrov, The Science of Science, 2nd ed. (Kiev, Izdatel'stvo Naukova Dumka, 1970) and Soviet Life, April 1971, No.4(175) for anniversary articles: "Ten Years Since Gagarin's Flight".

2. See John M. Logsdon, The Decision to Go to the Moon: Project Apollo and the National Interest (Cambridge, Mass., The MIT Press, 1970); cf. Jay Holmes, America on the Moon: The enterprise of the Sixties (Philadelphia, Lippincott, 1962); and Vernon Van Dyke, Pride and Power: The Rationale of the Space Program (Urbana, University of Illinois Press, 1964).

For the premier American satellite project, see Constance McL. Green and Milton Lomask, Vanguard: A History, NASA SP-4202 (Washington, 1970).

3. Lloyd V. Berkner and Hugh Odishaw, eds., Science in Space (New York, McGraw-Hill, 1961), esp. pp.429-436: "A Note on the Space Science Board". Charles M. Atkins, "NASA and the Space Science Board of the National Academy of Sciences", NASA HHN-62 (Washington, 1966). See also Mae Mills Link, Space Medicine in Project Mercury, NASA SP-4003 (Washington, 1965); James P. Henry, Biomedical Aspects of Space Flight, (New York, Holt, Rinehart and Winston, 1966); Report of a Summer Study /sponsored by the Space Science Board/ at the State University of Iowa, Iowa city, June 17-Aug.10, 1962, A Review of Space Research,

NAS-NRC 1079 (Washington, 1962); Report of a study by the Space Science Board, Harry H. Hess, chmn., Space Research, Directions for the Future; Woods Hole, Massachusetts, June 20-July 16, 1965, NAS-NRC 1403 (Washington, 1966).

/Richard J. Allenby, Chairman, Manned Space Science Coordinating Committee/ NASA 1965 Summer Conference on Lunar Exploration and Science: Falmouth, Massachusetts, July 19-31, 1965, NASA SP-88 (Washington, 1965).

Robert O. Piland, NASA-Manned Spacecraft Center (MSC) experiments program office, interview, 22 March, 1968.

4. /Wilmor N. Hess, director/, 1967 Summer Study of Lunar Science and Exploration: University of California-Santa Cruz, July 31--August 13, 1967, NASA SP-157 (Washington, 1967).

See also I. Adler and J. I. Trombka, Geochemical Exploration of the Moon and Planets, vol. 3 of Physics and Chemistry in Space, edited by J. G. Roederer and J. Zahringer (Berlin: Springer-Verlag, 1970); cf. Gilbert Fielder, Structure of the Moon's Surface, (Oxford, Pergamon Press, 1961).

Following is the form of the NAS-SSB list of "The 15 Questions" about the moon as circulated around NASA during the 1966-1967 period:

- (1) Is the internal structure of the Moon radially symmetrical like the Earth, and if so, is it differentiated? Specifically, does it have a core and does it have a crust?
- (2) What is the geometric shape of the Moon? How does the shape depart from fluid equilibrium? Is there a fundamental difference in morphology and history between the sub-Earth and averted faces of the Moon?
- (3) What is the present internal energy regime of the Moon? Specifically, what is the present heat flow at the lunar surface and what are the sources of this heat? Is the Moon seismically active and is there ac-

tive volcanism? Does the Moon have an internally produced magnetic field?

- (4) What is the average composition of the rocks at the surface of the Moon and how does the composition vary from place to place? Are volcanic rocks present on the surface of the Moon?
- (5) What are the principal processes responsible for the present relief of the lunar surface?
- (6) What is the present tectonic pattern on the Moon and distribution of tectonic activity?
- (7) What are the dominant processes of erosion, transport, and deposition of material on the lunar surface?
- (8) What volatile substances are present on or near the surface of the Moon or in a transitory lunar atmosphere?
- (9) Is there evidence for organic or proto-organic materials on or near the lunar surface? Are living organisms present beneath the surface?
- (10) What is the age of the Moon? What is the range of age of the stratigraphic units on the lunar surface and what is the age of the oldest exposed materials? Is a primordial surface exposed?
- (11) What is the history of dynamical interaction between the Earth and Moon?
- (12) What is the thermal history of the moon? What has been the distribution of tectonic and possible volcanic activity in time?
- (13) What has been the flux of solid objects striking the lunar surface in the past and how has it varied with time?
- (14) What has been the flux of cosmic radiation and high-energy solar radiation over the history of the Moon?
- (15) What past magnetic fields may be recorded in the rocks at the Moon's surface?

5. Samuel C. Phillips, formerly Apollo Program Director, interview, 22 July 1970, and Phillips' papers, June-November 1968.

For the early years of NASA organizational history, see Robert L. Rosholt, An Administrative History of NASA, 1958-1963, NASA SP-4101 (Washington, 1966).

6. See /John Dille, ed./, We Seven, by the Astronauts themselves (New York, Simon and Schuster, 1962) and (Gene Farmer and Dora J. Hamblin, eds.). First on the Moon: A Voyage with Neil Armstrong, Michael Collins, Edwin E. Aldrin, Jr. (Boston, Little, Brown, 1970); cf. Brian O'Leary, The Making of an Ex-Astronaut, (Boston, Houghton Mufflin, 1970).
7. NASA-BSC Archives: "Apollo 6 Mission Report", (Houston, May 1968); "Apollo 7 Mission Report", (Houston, Dec., 1968) See also John N. Wilford, We Reach the Moon: The New York Times Story of Man's Greatest Adventure, (New York, Bantam Books, 1969), pp.184-206.
8. NASA-MSA Archives: "Apollo 8 Mission Report", (Houston, Feb. 1969). /Jay Holmes/, "Manned Apollo Flights Begin", Chapter IV to Preliminary History of NASA, vol. II: Supplement, October 1968-January 1969, NASA preprint, January 15, 1969.

Although not strictly applicable to Apollo 8, one of the best analyses of the arguments for man in space is by Thornton L. Page, "Astronaut Capabilities for Scientific Observations", American Astronautical Society paper #70-035 in Advances in the Astronautical Sciences, vol. 27 (Tarzana, 1970) pp.281-298. See also Frederick Seitz, "Science and the Space Program", Science 152: 1719-1721 (24 June 1966).

9. /James H. Sasser, F. El-Baz, et al/, NASA-MSA, Analysis of Apollo 8 Photography and Visual Observations, NASA SP-201 (Washington, 1969), pp.1-83. Cf. Oran W. Nicks, ed., This

Island Earth, NASA SP-250 (Washington, 1970) and Edgar M. Cortright, ed., Exploring Space with a Camera, NASA SP-168 (Washington, 1968).

10. The importance of emphasizing crew safety first and mission success as distinct may be illustrated by such technological feasibility studies as that by Bell Aerosystems Company: John M. Cord and Leonard M. Seale, "The One-Way Manned Space Mission", Aerospace Engineering 21 #12: 60-102 (Dec. 1962).
/James E. Wilson, ed./ Pacing Systems of the Apollo Program, 89th Congress, 1st Session, 15 October 1965, and Apollo Program Pace and Progress, 90th Congress, 1st Session, 10 March 1967, both Staff Studies for the Subcommittee on NASA Oversight of the US House Committee on Science and Astronautics.
11. Raymond R. Clemence, MSC experiments, interview, 21 April 1971. Burton L. Sharpe, MSC-ALSEP operations office, interview, 18 May 1971. For an interview of early organization plans for the Manned Space Flight Experiments Board (MSFEB) at NASA headquarters, see memo, Leonard Reiffel to S.C. Phillips; "Comments on Functions and Operations of the MSFEB", 14 January 1966.
12. MSC Archives: Minutes, "Interface Conferences on Apollo Lunar Surface Experiments Program", J.C. Church, secretary, 12 May, 2 June, 7 July 1966. R.E. Vale and J.W. Small were MSC program managers for ALSEP; J.F. Clayton and E.M. Zaitzeff were Bendix program managers. See also Astronautics and Aeronautics 1966, NASA SP-4007, esp. pp. 29, 83, 104.
13. R. Paul Glyatt, MSC procurement contracts office, custodian of the original NASA-MS/Bendix Systems Division Contract #NAS9-5289, "Apollo Lunar Surface Experiments Package", dated 10 March 1966, signed 23 March 1966. See also Bendix Aerospace document ALSEP-MT-03, Flight System Familiarization Manual, 1 August 1967, Rev. 15 April 1969.

14. Homer E.Nwewll, Foreword to Astronautics and Aeronautics 1967, NASA SP-4008, p. iv; cf. John E.Naagle, Foreword to Significant Achievements in Space Science 1967, NASA SP-167 (Washington, 1968). See also William R.Corliss, Scientific Satellites, NASA SP-133, (Washington, 1967); and S.Nevil Milford, et al "Scientific Accomplishments of the Apollo Lunar Mission", Grumman Research Dept. Memo RM-457, Bethpage, New York, September 1969.
15. M.Gene Simmons, Chief Scientist NASA-MSC, interview, 22 July 1971. Elbert A.King, Jr., former Curator, Lunar Receiving Laboratory, NASA-MSC, interview, 27 May 1971; and Alex J.Dessler, Director of Space Sciences, Rice University, interview, 27 May 1971.
- /A.J.Calio, et al, eds./, NASA-MSC, Apollo 12 preliminary Science Report, NASA SP-235 (Washington, 1970), esp. pp. 1-6; "Summary of Scientific Results" by Gene Simmons and Galio.
- Winford E.Holland, et al, "An Analysis of the Communications Interface between the NASA Apollo Lunar Surface Experiment Program and the Principle Investigators: A Study of the ALSEP Management System", 2 vols. typescript, University of Houston Center for Management studies and Analyses, Contract NAS 9-10093 (Houston, 1 March 1971).
- See also Bendix Aerospace documents EASEP-MT-01, Flight System Familiarization Manual, 25 April 1969.
- Leonard Reiffel, "Status Report on Operational Plans for Early Apollo Lunar Science", American Institute of Aeronautics and Astronautics paper #57-116, 23-26 Jan.1967.
16. Eugene Rabinowitch and Richard S.Lewis, eds., Man on the Moon: The Impact on Science, Technology, and International Cooperation (New York: Harper & Row, 1969). See the special issue of Science 167 #3918 (30 Jan. 1970 and Wilmot N.Hess, Robert Kovach, Paul W.Gast and Gene Simmons,

"The Exploration of the Moon", Scientific American 221: 55-72 (October 1969); also W.N.Hess, "The Future of Space Exploration" in Advances in the Astronautical Sciences, vol.25 (Tarzana, 1969), pp.441-461.

See also Lewis M.Branscomb, "Taming Technology", Science 171: 972-977 (12 March 1971) and Andrei D.Sakharov, Progress, Coexistence, and Intellectual Freedom, trans. and ed. by Harrison E.Salisbury (New York, NY Times, 1968); Hannes Alfvén, "Plasma Physics, Space Research, and the Origins of the Solar System", Science 172: 991-994 (4 June 1971), a Nobel Prize lecture for physics 1970.

A. Terzioğlu (Türkei)

HANDSCHRIFTEN AUS DEM GEBIET DER TECHNIK
UND AERODYNAMIK SOWIE DER ERSTEN FLUGVERSUCHE IM
IX. - XVII. JHD.
IM ISLAMISCH-TÜRKISCHEN KULTURBEREICH

Die Eroberung der Luft hat die Vorstellung der Menschen immer beschäftigt. Die griechische Mythologie berichtet bereits über die Flugversuche von Daedalus und Ikarus.

Archytas von Tarent (1. Hälfte des 4. Jh. v. Chr.) ist von Aulus Gellius als Erfinder der fliegenden Taube bezeichnet worden (1, S.116; 2, S.14). Archytas wird als Begründer der wissenschaftlichen Mechanik angesehen. Seine fliegende Taube aus Holz war eine Art Drachen. Es ist umstritten, ob diese fliegende Taube mit der Bewegung beider Flügel durch die Luftströme oder mit Hilfe magnetischer Kräfte geflogen ist.

In hellenistischer Zeit beschäftigte man sich in Alexandrien mit technischen Konstruktionen. Es ist bekannt, dass in Alexandrien die Mechaniker Ktesibios (3. Jh. v. Chr.) und Heron (1. Jh. n.Chr.) zahlreiche Maschinen konstruiert haben (3;4, S.22-23). Aber es ist bisher nicht bekannt, ob man dort auch fliegende mechanische Apparate gebaut hat. Erst im Mittelalter

und in der Renaissance sind im islamisch-türkischen Kulturbereich und im Abendland fliegende mechanische sowie raketentriebene Apparate konstruiert worden.

Im islamischen Kulturbereich fanden Naturwissenschaften und Technik besondere Beachtung. Schon zur Zeit des Harun al-Raschid baute man dort Wasseruhren. Im Jahre 807 hat Harun al-Raschid Karl dem Grossen eine Wasseruhr geschenkt, wie sein Biograph Einhard berichtet hat. (1, S.527.)

Zur Zeit der Abbasiden sind auf dem Gebiet der Mathematik und Astronomie grosse Leistungen von islamischen Gelehrten türkischer, persischer und arabischer Abstammung zu verzeichnen. Der islamische Gelehrte al Biruni (973-1048) hatte schon 500 Jahre vor Kopernikus behauptet, dass unsere Erde sich um ihre eigene Achse drehe und mit den Planeten die Sonne umkreise

Kopernikus hat 1530 die islamischen Astronomen as-Sarqali (1028-87) und al-Battani (877-918) in seinem Werk "De revolutionibus orbium coelestium" genannt.

Der türkisch-seldschukische Sultan Meliksah (1055-1092) liess in Isfahan und Bagdad Observatorien errichten, wo die Astronomen Omar Hayyam, Ebû'l Muzaffer Isfizari und Meymun-en-Necib el-Vâsiti gearbeitet haben. Für den Sultan ist in diesem Observatorium ein neuer Kalender geschaffen worden (5, S.115, 119, 163.)

Im islamisch-türkischen Kulturbereich wurde aber auch die Technik besonders gepflegt. In den Bibliotheken von Istanbul sind zahlreiche Handschriften über Mechanik und automatische Maschinenkonstruktionen erhalten, die von dem hohen Stand der Entwicklung Zeugnis ablegen.

Zur Zeit der türkischen Artukiden-Dynastie sind die technischen Wissenschaften besonders gefördert worden. Auf Wunsch des artukidischen Herrschers Emir Mahmud bin Kara Arslan hat der islamische Ingenieur Bedi-uz Zaman el-Djazari 1205 eine "Cami-ul ilm ve-l amel" technische Schrift verfasst. Darin sind

automatische Maschinen, Pumpen, Wasserwaagen u.a. mit Zeichnungen beschrieben. Bdi-uz Zaman behauptet, dass diese

Maschinen seine eigenen Erfindungen seien und vor ihm niemand solche Erfindungen gemacht habe. Dieses bemerkenswerte technische Werk, das in Handschriftexemplaren in der Bibliothek des Istanbuler Topkapi-Schlusses (Bibliothek von Ahmed III, Nr. 3472) und in der Hagia-Sophia-Bibliothek (Nr. 3606) vorliegt, verdient von Fachleuten überprüft zu werden.

Nicht nur die türkischen Artukidenfürsten, sondern auch andere seldschukische Fürsten und türkische Mamelüken haben in Syrien und Ägypten Naturwissenschaften und Technik gefördert. Islamische Chemiker haben bereits im 12. Jhd. die Zusammensetzung des Schiesspulvers gefunden. Sie untersuchten die Brand- und Sprengwirkung des Schiesspulvers, um sich gegen die Kreuzritter zur Wehr zu setzen. Gelegentlich des 5. Kreuzzuges sind wahrscheinlich im Jahre 1249 von islamischen Militäringenieuren schon Sprenggeschosse gegen das fränkische Heer und König Ludwig den Heiligen eingesetzt worden (6, S.36.)

Syrien, vor allem die Stadt Damaskus, war durch die von türkischen Seldschukenfürsten errichteten Medresen und Hospitäler noch im 13. Jhd. eines der wichtigsten Zentren islamischer Kultur. Da Syrien blutiger Schauplatz der Kreuzzüge sowie der Kriege gegen die Mongolen war, waren dort islamische Gelehrte besonders an Versuchen mit Schiesspulver und der Konstruktion von Waffen interessiert. Am Ende des 13. Jhd. war man so weit Schiesspulver als Antrieb für Raketen zu verwenden. Der Verfasser der "Kitab al-furusiya wal-munasab al-harbiya" und "Nihayat al su'ül wal-umniya fi'ta allum a'mal al-furusiya" genannten Abhandlungen, Hassan ar-Rammah Nadjm al-Din al-Ahdab, berichtet von Explosivstoffen, über Feuerwaffen und die ersten roketengetriebenen Torpedos. (1, S.1039-1040; 7; 8.)

Im Kriegsbuch von Hassan ar-Rammah aus dem Jahre 1285 befindet sich auch eine Zeichnung eines sprenggeladenen, roketengetrie-

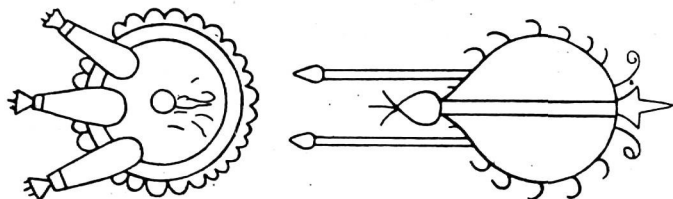


Abb. 1. Raketentriebene Torpedos und ein mit drei Zündern versehenes Sprenggeschoss aus der Handschrift des Hassan ar-Rammah (etwa 1285 n. Chr.)

benen Torpedos und von Sprenggeschossen mit drei Zündern

Hassan ar-Rammah lebte zur Zeit der türkischen Mamelûken in Syrien und starb im Jahre 1294 oder 1295 (1, S.1039). Er berichtet, wie man Salpeter durch einen mehrfachen Kristallisationsprozess gewinnen kann. Die islamischen Herrscher in Spanien waren die ersten, die Pulvergeschütze in Europa zu Kriegszwecken eingesetzt haben. Diese Geschütze haben in der Schlacht bei Baza (1325 n.Chr.), in Alicante (1331 n.Chr.), in Algéciras (1342 n.Chr.) zum Siege verholfen und in Crécy gegen das Ritterheer eine grosse Rolle gespielt (6, S.37.)

Durch lateinische Übersetzungen gelangten die technischen und die naturwissenschaftlichen Kenntnisse der islamischen Gelehrten ins Abendland.

Der italienische Ingenieur Giovanni de Fontana soll der erste Europäer gewesen sein, der treibende Seeminen (Streuminen) vorgeschlagen hat. *)

Er soll im Jahre 1420 auch einen mit Raketen getriebenen mechanischen Vogel für Höhenmessung von Befestigungsanlagen und anderen Bauten vorgeschlagen haben. Ob diese fliegenden

*) Fontana zeichnete 1420 in sein in München befindliches Manuskript die Torpedos die in Gestalt von Tauben in der Luft fliegen. (9, Bl. 37.)

machanischen Vögel jemals gebaut und benutzt worden sind, ist nicht bekannt. Ein anderer italienischer Ingenieur Giovanni Torriano hat um die gleiche Zeit fliegende mechanische Vögel aus Holz gebaut. Der deutsche Astronom Regiomontanus soll ebenfalls fliegende mechanische Mücken und Adler konstruiert haben.

Regiomontanus hat zur lateinischen Übersetzung der astronomischen Abhandlung des islamischen Gelehrten al-Battani (877-918) einen Kommentar geschrieben und zusammen mit dem Werk des al-Farghani im Jahre 1537 in Nürnberg veröffentlicht. Die zweite Auflage dieses Werkes wurde 1645 in Bologna unter dem Titel "Mahomet Albatenis Buch von der Wissenschaft der Sterne mit einigen Zusätzen des Johannes Regiomontanus" herausgegeben. Leonardo da Vinci wird oft als Erfinder der Lochkamera oder "camera obscura", der Pumpe, der Drehbank, sowie der ersten Flugmaschine bezeichnet, war allerdings von islamischen Gelehrten, nachweislich durch Alhazens Werk angeregt worden. (6, S.93). Es sei noch erwähnt, dass die technische Abhandlung des islamischen Ingenieurs Ahmed bin Musa in einem Handschriftexemplar in der Vatikanbibliothek vorhanden ist (10, S.172.)

Die islamische-türkischen Wissenschaftler haben auch aerodynamische Studien angestellt.

Ein türkischer Gelehrter aus Sayram hatte das Verhältnis zwischen Flügelfläche und dem Gewicht der Vögel untersucht, um die physikalischen Grundlagen des Fliegens zu ermitteln, eine Pionierarbeit auf dem Gebiet der Aerodynamik (11, S.368.)

In früheren Zeiten war für die Türken das Paradies gleichbedeutend mit Fliegen. Das türkische Wort Tamû oder Tamûk bedeutet beides (12, S.384-385.) aber auch ein überdecktes Gebäude

Das Fliegen wird im 13. Jhd. in der türkischen Dichtung des Veled Celebi, Sohn des türkischen Mystikers Mevlana Celaleddin Rumi, verherrlicht (13). Für die Türken war es ein göttlicher Traum. Deswegen darf man sich nicht wundern, dass der Türke Abu Nasr Ismail ibn Hammad al-Djawhari aus Farab in Tur-

kistan schon Anfang des 11. Jhd. einen Flugversuch unternommen hat, wie berichtet wird. Djawhari war Verfasser eines "al-Si-hah" genannten Werkes. Er hatte in Nischabur zwei Flügel aus Holz konstruiert und mit einer Schnur an sich befestigt. Mit diesen beiden Flügeln stieg er auf das Dach der Moschee von Nischabur und rief den versammelten Zuschauern zu:

"Diese Erfindung hat bis jetzt niemand gemacht. Ich tue es erstmals in der Geschichte. Auf der Welt ist das Fliegen das Wichtigste. Deswegen unternehme ich diesen Versuch."

Da kamen die Leute aus Nischabur in Strömen und starrten ihn an und in dem Augenblick fasste er die Flügel und machte einen Sprung. Er flog eine Weile in die Luft. Aber seine Erfindung liess ihn im Stich; er fiel zu Boden und kam bei diesem missglückten Flugversuch im Jahre 1003 n. Chr. ums Leben (14, S.105; 15, S.723-724.) Solche Flugversuche sind im islamischen Kulturbereich mehrfach beschrieben worden. Der islamische Gelehrte Abbas bin Firnâs hatte im Jahre 880 in Andalusien mit von ihm entwickelten Flügeln Flugversuche unternommen und war nach kurzem Flug ohne Körperschaden wieder gelandet (16, S.146; 17, S.77.).

Es ist bemerkenswert, dass Flugversuche zur Zeit des türkischosmanischen Sultans Murad IV, in den Jahren 1630-1632 in Intanbul unternommen worden sind. Als Augenzeuge dieser Flugversuche hat darüber der türkische Weltreisende Evliya Celebi in seiner bekannten Reisechronik berichtet. In den handschriftlichen Exemplaren dieses Werkes, in Istanbuler Bibliotheken werden diese Flugversuche geschildert:

"Ingenieur (Hezarfen) Ahmed Celebi hatte zuerst neun Mal mit Flügeln, die denen eines Adlers ähnlich sind, bei stark windigem Wetter in Okmeydani bei Istanbul, Flugversuche gemacht. Ferner unternahm er einen Flugversuch, den Sultan Murad IV. von dem Gebäudeteil Sinan Pasa Kiosk des Topkapi-Schlusses aus beobachtete. Er flog erfolgreich vom Galata-Turm (mit seinen

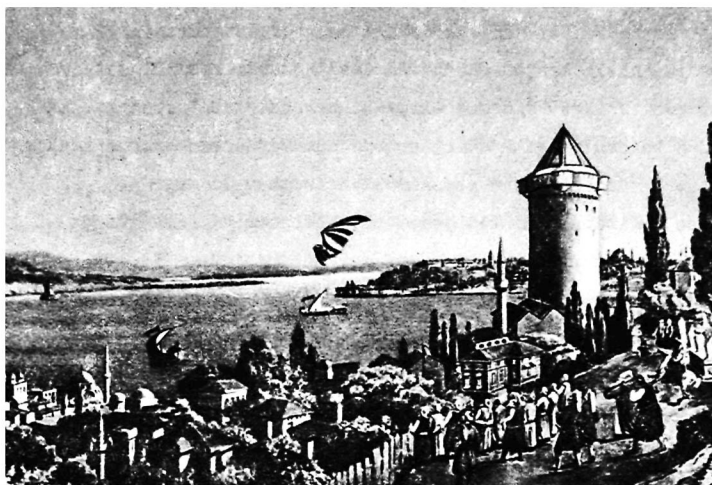


Abb.2. Flugversuch des Hezarfen Ahmed Çelebi im Jahre 1630
 (vom türkischen Postministerium 1971 herausgegebene Briefmarke)



Abb. 3. Flugstrecke des Hezarfen Ahmed Çelebi eingezeichnet
 in die Istanbuler Ansicht von Grelot aus dem Jahre 1680

Flügeln) bis in den Dogancilar, einem Stadtteil von Üsküdar, während eines starken Windes. Sultan Murad IV belohnte ihn mit einem Beutel Gold. Der Sultan liess ihn aber nach Algerien verbannen, weil er nach seiner Ansicht ein sehr gefährlicher Mensch sei, der unmögliche Ideen verwirkliche. Hezarfen Ahmed Efendi starb in Algerien." (18, S.335.).

Noch interessanter ist der Flugversuch von Lâgari Hasan Celebi mit einer Rakete im Jahre 1632. Evliya Celebi berichtete darüber folgendes:

"Lâgari Hasan Celebi hatte eine siebenarmige Rakete erfunden, die mit 50 okka (ca. 70 kg) Pulver als Brennstoff betrieben wurde. Bei der Geburtstagsfeier der Tochter des Sultan Murad IV, Kaya Sultan, ist Lâgari Hasan Celebi im Sarayburnu (Topkapischloss) vor Sultan Murad IV. in diese Rakete eingestiegen. Seine Schüler haben die Rakete angezündet... Während er betete, stieg er mit der Rakete zum Himmel. Durch das Abbrennen des Brennstoffes wurde sogar die Oberfläche des Meeres erleuchtet. Als der Brennstoff der Rakete erschöpft war, ist Lâgari Hasan Celebi mit seinen adlerähnlichen Flügeln geflogen und ist vor dem Sinan Pasa Kiosk auf dem Meer gelandet... Der Sultan hat ihn mit einem Beutel Geld belohnt. Er wurde auch mit 70 Akce Gehalt als Sipahi angestellt und ging später nach der Krim, stand im Dienst des Selâmet-Giray-Khan und starb dort. Er (Hasan Celebi) war mein bester Freund. Gott sei seiner Seele gnädig!" (18, S.335-336).

Diese Berichte, die von den Handschriftexemplaren des Evliya Celebis Werk übertragen wurden, zeigen, dass sogar im 7. Jhd. in der türkischen Hauptstadt Istanbul Flugversuche unternommen worden sind (1630-1632). Der Bischof von Chester r. John Wilkins hat in seinem 1638 erschienenen Werk "Wilkins discovery of a New World" diese Versuche erwähnt (19).

Über diese Flugversuche in Istanbul sei noch folgende Erwähnung zitiert: "If it be enquired what means there may be

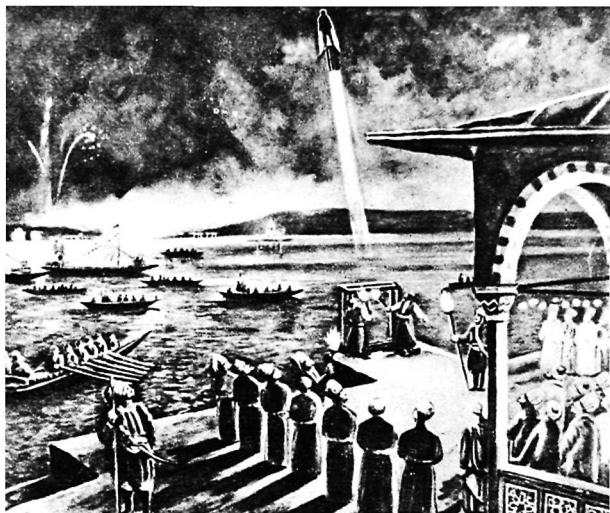


Abb. 4. Der türkische Irgeieur Lâgarî Hasan Çelebi flog im Jahre 1632 mit einer siebenarmigen Rakete, die mit Pulver als Brennstoff betreiben wurde. (Aus dem Archiv der Türkischen Luftfahrtgesellschaft "Türk Hava Kurumu" (in Ankara)



Abb. 5. Der Versuchsort des Raketenfluges von Lâgarî Hasan celebi war Sinan Pascha-Köschk. Lage und Zustand des Sinan Pascha-Köschkes zeigt eine Abbildung des Topkari-Schlusses von Grelot aus dem Jahre 1680

conjectured for our ascending beyond the space of the earth's Magnetical Vigor, I answer: Tis not perhaps impossible that a Man May be able fo Fly by the application of Wings to his own body as Angels are Pictured or as Mercury and Daedalus are feigned and as hath been attempted by Divers, particularly by a Turk in Constantinople as Busbequius relates". (20, S.29).

Es ist zu bedauern, dass diese Pionierleistungen damals nicht gefördert worden sind. Man fürchtete diese Erfinder und hat sie sogar in die Verbannung geschickt, wie Evliya Celebi mitgeteilt hat.

Als Lâgari Hasan Celebi im Jahre 1632 seine Raketenversuche unternahm, war das türkische Osmanenreich eine Weltmacht. Bei seiner Ausdehnung auf drei Kontinente hat die technische Überlegenheit der osmonischen Armee, besonders auf dem Gebiet der Feuerwaffen eine grosse Rolle gespielt. Deswegen muss man die Raketenversuche von Lagari Hasan Celebi im Jahre 1632 als Ausdruck des technischen Entwicklungsstandes innerhalb des islamisch-türkischen Kulturkreises verstehen.

Literaturverzeichnis

1. Sarton, G., Introduction to the history of science, v.1, Baltimor, 1927.
2. Darmstaedters, L., Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaft und Technik, Berlin, 1908.
3. Drachman, A.G., Ktesibios, Philon and Heron, Kopenhagen, 1948.
4. Klemm, F., Technik, eine Geschichte ihrer Probleme, Freiburg-München, 1954.
5. Ibn Funduk, "atimma Siwân al-ḥikma, Hrsg. M.Shafi, Bd., Lahore, 1935.
6. Hunke, S., Allahs Sonne über dem Abendland, Stuttgart, 1907.
7. Manuscript 1127, ancien fond der Pariser Nationalbibliothek.
8. Reinaud, J.T., Favé, I., Histoire de l'artillerie, Part I, Paris, 1845.

9. Codex iconograph., 242, Staatsbibliothek München,
10. De Vaux, Baron Carra, Les Penseurs de l'Islam, v.2, P., 1929.
11. Turan, Osman. Selçuklülär Tarihi ve Türk Islam Medeniyeti, Istanbul, 1969.
12. Yaziksiz, Necip Asim. Istanbulda Balon. Türk Tarih Encümeni Mecmuasi, Istanbul 18 (1926).
13. Velet Celebi, Divan-i Türki Sultan Veled. Ancara, 1925.
14. Hayreddin Lergili, Elâlam Kamusul Teracim. Kairo, 1927.
15. Sarkis, I.E. Dictionnaire Encyclopédique de Bibliographie Arabe, Vol.11, Kairo, 1930.
16. Sitzungberichte der phys.-med. Sozietät, Bd. 38, Erlangin, 1906.
17. Lévi-Provençal, E., La Civilisation arabe en Espagne, Paris, 1948.
18. Evliya Celebi, Seyahatname. Bd.2, Istanbul, 1969.
19. Wilkins, J., Discovery of a New World, London, 1638.
20. Cook, H.C., ed., The Birth of Flight, L., 1941.

М.К.Тихонравов (СССР)

РОЛЬ К.Э.ЦИОЛКОВСКОГО В РАЗВИТИИ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Имя Константина Эдуардовича Циолковского приобрело мировую известность. Он принадлежит к крупнейшим ученым 20-го столетия. Его труды в огромной степени способствовали развитию ракетной и космической техники в СССР и, прямо или косвенно, в других странах. Работы К.Э.Циолковского в этой области издавались с 1903 г.[1] и в настоящее время переизданы АН СССР [2-10].

В его трудах содержатся основы динамики полета ракетных аппаратов. В 1903 г. им была предложена, с описанием принципиального устройства, ракета на жидком топливе как наиболее реальное средство осуществления межпланетных полетов. Им указана возможность использования электрореактивных двигателей; разработана теория составных ракет различных типов; рассмотрены медикобиологические проблемы, возникающие при долговременных космических полетах. Он указал на возможность создания человеком искусственных спутников Земли и необходимость орбитальных станций. Он показал научное значение ракет. Его основной труд так и называется: "Исследование мировых пространств

реактивными приборами". Он обратил внимание на народнохозяйственное использование спутников Земли и на социальное значение вообще всей космической деятельности человека. Циолковский заложил основы космизма как комплексной философской системы, обосновывающей необходимость расселения человечества в космосе.

Действительно, людям, отправившимся в межпланетное пространство, не только нужно приспособляться к своим потребностям. Возникает космическая промышленность, строительство и индустрия. Человек, в свою очередь, не избегает влияния космических условий. Организация человеческого общества в космосе поднимает социологические и философские проблемы чрезвычайной важности [12,13]. К.Э. Циолковский, как никто из деятелей космонавтики, интересовался этими проблемами и не отделял их от технических вопросов освоения космического пространства.

К.Э. Циолковскому принадлежат не только труды по теоретическим основам ракетной и космической техники. В 1894 г. он впервые предложил схему самолета со свободонесущими крыльями и с крылом толстого профиля, разрабатывал теорию сопротивления воздуха движущимся в нем телам и построил одну из первых в России аэродинамических труб (1896–1897 гг.), в которой поставил ряд интересных опытов [14, стр.19–20]. В дальнейшем он разработал теорию полета реактивных самолетов в стратосфере и дал схемы устройства самолетов для полета со скоростью до 2000 м/сек, т.е. той скоростью, к которой только сейчас подходит авиация [2, стр.327–338, 389–400]. Циолковский разработал теорию цельно-металлического дирижабля оригинальной конструкции [15]. Он работал также над некоторыми вопросами астрономии и биологии [16].

В настоящее время из работ К.Э. Циолковского по ракетной технике особо нужно отметить обоснование им необходимости выхода человечества в космическое пространство и овладения всей огромной энергией Солнца. Это крайне нужно для дальнейшего развития человеческой цивилизации.

Мысли о будущем устройстве человеческого общества сопутствовали у К.Э. Циолковского всем его работам по ракетной технике. Теорией реактивного движения он занимался ради того идеала будущего человеческого общества, который он себе представлял. Человеческая цивилизация очень быстро развивается. В межпланетном пространстве бесполезно для человечества пропадает практически почти вся энергия Солнца. В настоящее время утилизируется чрезвычайно малая ее часть. Пространством, окружающим Солнце, вполне можно овладеть, и тогда человечество получит неограниченные возможности для своего дальнейшего развития. Межпланетные путешествия у Циолковского не были самоцелью, а только средством расселения человечества по всей солнечной системе. На возможность этого он указывал неоднократно.

К.Э. Циолковский в своих работах рисовал грандиозную картину постройки поселений и городов в межпланетном пространстве с энергетикой, основанной на использовании солнечной энергии и при жизнедеятельности населения в отсутствие сил тяжести или при небольшой искусствен-

ной силе тяжести. В подобных поселениях люди получают, по мысли Циолковского, ничем не ограниченный простор для дальнейшего развития жизни [8]. Циолковскому были чужды пессимистические взгляды на будущее человечества, к сожалению довольно распространенные среди некоторых ученых, особенно на Западе, декларирующих сравнительно недалекую, а главное обязательную гибель земной цивилизации.

В 1926 г. Циолковский составил план освоения межпланетных пространств [2, стр. 259-260]. Вот этот план в общих чертах:

1. Организация поселения вблизи Земли и освоение жизни в нем, в том числе использование растений для получения пищи и кислорода.
2. Постепенное развитие этих поселений до нужного состояния.
3. Удаление от Солнца и от Земли в область астероидов. Создание там базы для первоначальных работ.
4. Организация первых поселений в области астероидов при условии постоянной связи с Землей, которая поставляет людей, машины и продовольствие.
5. Развитие промышленности в поясе астероидов, которое должно идти параллельно увеличению там числа поселений. При создании различных сооружений используется материал астероидов, которые разбираются полностью до центра.
6. Из сооруженных таким образом поселений составляется кольцо вокруг Солнца, состоящее из подвижных частей.
7. С течением времени и с увеличением населения строится еще ряд колец, которые располагаются между орбитами планет Юпитера и Марса или ближе к Солнцу.
8. Наступает грандиозное развитие техники в межпланетном пространстве.
9. И только тогда, когда человек будет достаточно могущественным обитателем межпланетного пространства, придет очередь использовать и большие планеты в качестве материала для космических поселений [8]. Посещение планет с научной целью, понятно, должно произойти значительно ранее.
10. Открывается путь к звездам и к посещению иных солнечных (звездных) систем.
11. Наконец неизбежно расселение человечества по всему Млечному Пути, по всей Галактике.

К.Э. Циолковский в своих работах занимался преимущественно первыми этапами этого плана. Он составлял проекты и производил расчеты космических устройств, нужных для осуществления этих этапов. Конечно, подробной разработки такого грандиозного плана нельзя было ждать от одного человека.

Практическое осуществление идей, впервые высказанных К.Э. Циолковским, было начато его последователями в СССР под руководством С.П. Королева.

4 октября 1957 г. в СССР был произведен запуск первого в мире искусственного спутника Земли и положено начало космической эры человечества. 12 апреля 1961 г. советский гражданин Ю.А. Гагарин на корабле "Восток" совершил первый в мире космический полет. А.А. Лео-

нов в 1965 г. положил начало выходам космонавтов в открытый космос. После ряда предварительных экспериментов в межпланетном пространстве на корабле "Союз" в 1971 г. была осуществлена первая орбитальная станция "Салют", обеспечившая возможность длительной работы человека в космосе.

Параллельно шло исследование Луны и планет Солнечной системы. В настоящее время производятся исследования Луны советскими автоматическими аппаратами и американскими пилотируемыми кораблями. Американские астронавты Н. Армстронг и Э. Олдрин были первыми людьми, которые в 1969 г. высадились на поверхность Луны.

К планете Венере было послано несколько автоматических аппаратов. В 1967 г. станция "Венера-4" впервые произвела измерения непосредственно в атмосфере Венеры. Станция "Венера-7" в 1970 г. спустилась на планету и передавала с поверхности ее научную информацию. Марс также исследуется автоматическими космическими аппаратами. В перспективе может быть начато опытное изучение пояса астероидов, которое является ближайшей задачей с точки зрения изложенного выше плана.

К.Э. Циолковский провел большую работу по пропаганде своих идей. Он был хорошим популяризатором. Своими книжками, издаваемыми в Калуге, в которой он прожил более 40 лет и в которой существует Государственный музей истории космонавтики его имени, он заинтересовал молодых инженеров заманчивой проблемой межпланетных путешествий.

Распространение идей К.Э. Циолковского первоначально было связано, главным образом, с именами физика Я.И. Перельмана (1882-1942) и профессора Н.А. Рынина (1877-1942). Перельман изложил идеи Циолковского в своей книге "Межпланетные путешествия", выдержавшей с 1915 по 1935 г. 10 изданий. Рынин создал труд "Межпланетные сообщения" в девяти выпусках, через который идеи Циолковского проходят красной нитью, кроме того его работам посвящен отдельный выпуск этого труда.

Известия о работах К.Э. Циолковского проникли за границу, по-видимому, в 1921 г. [17], но ранее некоторые ученые и инженеры, приезжавшие в Россию, особенно в связи с начавшимся развитием авиации, могли легко познакомиться с идеями К.Э. Циолковского по его журнальным статьям. В 1924 г. работа К.Э. Циолковского "Исследование мировых пространств реактивными приборами" была переиздана под названием "Ракета в космическое пространство" и послана Г.Оберту, Р.Годдарду и другим адресатам. В Германии в 1926-1927 гг. на страницах технических журналов публиковались статьи о работах К.Э. Циолковского. В 1929 г. Г.Оберт прислал К.Э. Циолковскому письмо, в котором писал: "Я, разумеется, самый последний, который оспаривал бы Ваше первенство и Ваши заслуги по делу ракет, и я только сожалею, что я не раньше 1925 г. услышал о Вас. Я был бы, наверное, в моих собственных работах сегодня гораздо дальше и обошелся бы без многих напрасных трудов, зная раньше Ваши превосходные работы" [18].

Во Франции имя К.Э.Циолковского, как будто, стало известно с 1928 г. Впоследствии (в 1952 г.) К.Э.Циолковскому была присуждена медаль французского аэронавтического общества.

В США известный конструктор ракет К.Эрик писал: "Первое исчерпывающее исследование всей совокупности проблем, связанных с астронавтикой, было выполнено в 1895 г.* великим русским ученым Константином Эдуардовичем Циолковским" [19,стр.29].

В Англии редакция "Журнала Британского межпланетного общества" в 1948 г. отметила, что первой серьезной технической работой по космонавтике является работа К.Э.Циолковского, который еще в 1895 г. увидел возможность использования ракет на жидком топливе для движения космического корабля.

После запуска первого в мире советского искусственного спутника Земли за границей значительно возрос интерес к трудам К.Э.Циолковского. С 1957 г. труды К.Э.Циолковского и статьи о его работах печатаются в ряде стран. В 1965 г. в США вышло в переводе на английский язык "Собрание сочинений К.Э.Циолковского". В одних странах, как, например, в Австрии и Швеции, работы К.Э.Циолковского были известны еще до второй мировой войны, в других – в Болгарии, Венгрии, Чехословакии, Югославии – после войны [17]. Таким образом, работы К.Э.Циолковского в настоящее время получили всемирную известность.

Вполне естественно, что почти в каждой стране, в которой стала развиваться ракетная техника, нашлись ученые, занимавшиеся теорией реактивного движения. Они пришли, вообще говоря, к одинаковым результатам. Одни раньше, другие, не зная о предыдущих работах в этой области, позже. Все они предвидели будущее применение ракет для полетов в межпланетном пространстве. Основоположником этих работ считается К.Э.Циолковский. В Германии исследованиями в этой области занимался Г.Оберт, в США Р.Годдард и другие. СССР, кажется, первая страна, где труды Г.Оберта, Р.Годдарда, Р.Эсно-Пельтри, В.Гомана и других ученых, работавших в области теории космического полета, были переведены и изданы достаточно полно. В наши дни ученых, интересующихся проблемами космонавтики, неизмеримо больше, чем в начале века. Во многих странах появились крупные конструкторы и большие объединения инженеров, работающих над созданием космических летательных аппаратов.

Анализируя состояние космонавтики в настоящее время и опубликованные планы ее будущего развития, можно видеть, что успехи космонавтики значительны и в будущем должны увеличиться.

Можно указать три направления, в которых развивается современная космонавтика:

1. Применение космических летательных аппаратов для народного хозяйства, например, для связи, для прогнозирования погоды, для це-

* Проблемами полета в космическом пространстве Циолковский начал заниматься в конце 70-х годов XIX в., а к 1896 г. относится начало его работ по созданию теории космонавтики.

лей навигации, для изучения Земли и т.д. Это сравнительно узкое, хотя и очень нужное, применение космических аппаратов.

2. Исследование мировых пространств реактивными летательными аппаратами. Сюда входит изучение околоземного пространства, изучение межпланетного пространства, Солнца, Луны и планет. Сюда же относятся и межпланетные путешествия с их романтикой. Очевидно, что научно-исследовательские работы в космическом пространстве продолжатся вечно.

3. Освоение с помощью пилотируемых аппаратов космического пространства. Под освоением космоса понимаются действия, направленные на то, чтобы научиться жить и работать в межпланетном пространстве. Другими словами, быть там не временным гостем или путешественником, а постоянным жителем. Это направление космонавтики связано с выполнением изложенного выше плана К.Э.Циолковского. В первом пункте этого плана стоит организация поселений около Земли. В СССР в 1971 г. было осуществлено первое в мире экспериментальное поселение - орбитальная научная станция "Салют". Такие станции могут выполнять также задачи, свойственные первым двум направлениям и даже более широкие.

Таким образом, развитие космонавтики у нас в СССР и за рубежом, в основном, следует по пути, указанному К.Э.Циолковским, и есть все основания считать, что влияние его идей сохранится в дальнейшем. То, что уже сделано, и тенденции современного развития космонавтики свидетельствуют в пользу программы освоения космоса, намеченной К.Э.Циолковским, или по меньшей мере в пользу большинства ее пунктов.

Литература и источники

1. К. Э. Циолковский. Исследование мировых пространств реактивными приборами. - "Научное обозрение", 1903, № 5, стр. 45-75.
2. К. Э. Циолковский. Собр. соч., т.2. Реактивные летательные аппараты. М., 1954.
3. К. Э. Циолковский. Грезы о Земле и небе. На Весте. М., 1959.
4. К. Э. Циолковский. Путь к звездам. М., 1960.
5. К. Э. Циолковский. Избранные труды. М., 1962.
6. К. Э. Циолковский. Ракета в космическое пространство (Исследование мировых пространств реактивными приборами). М., 1963.
7. К. Э. Циолковский. Реактивные летательные аппараты. М., 1964.
8. К. Э. Циолковский. Жизнь в межзвездной среде. М., 1964.
9. Пионеры ракетной техники. Кибальчич, Циолковский, Цандер, Кондратьев. Избранные труды. М., 1964. (Труды К.Э.Циолковского, стр.23-256).
10. К. Э. Циолковский. Альбом космических путешествий. В сб. Рукописные материалы К.Э.Циолковского в Архиве Академии наук СССР. М., 1966, стр.129-169.
11. K. Tsiolkovsky. Selected works. Moscow, 1968.

12. А.Д. Урсул. Освоение космоса. М., 1967.
13. Е.Т. Фаддеев. Космонавтика и общество, чч.1-2. М., 1970.
14. К.Э. Циолковский. Собр. соч., т.1. Аэродинамика. М., 1951.
15. К.Э. Циолковский. Собр. соч., т.3. Дирижабли. М., 1969.
16. К.Э. Циолковский. Собр. соч., т.4. Естествознание и техника. М., 1964.
17. Н.Г. Белова, Е.К. Страут. Мировое признание. В сб. Впереди своего века. М., 1970, стр.245-267.
18. Архив АН СССР, ф.555, оп. 4, № 457, лл. 1-6.
19. К.Эрик, Космический полет, т.1. М., 1963.
20. М.К. Тихонравов. К.Э. Циолковский и будущее. В сб. Труды Пятых чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Секция "Проблемы ракетной и космической техники". М., 1971, стр.3-18.

К.П. Феоктистов (СССР)

РАЗВИТИЕ СОВЕТСКИХ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ

12 апреля 1961 г. полетом Юрия Гагарина было положено начало процессу непосредственного проникновения человека в космическое пространство.

Этот первый полет человека в космос и последующие полеты советских и американских космонавтов показали, что человек может успешно жить и работать в условиях космического полета. В виде пилотируемых космических кораблей человечество получило средство для увеличения сферы жизни и сферы исследований.

К 1958 г. советская ракетная техника пришла с большими достижениями - были запущены первые искусственные спутники Земли и создана первая ракета-носитель. К этому же времени был накоплен опыт ракетных полетов аппаратов с животными на высоту 100-200 км, с последующим возвращением на Землю. К этому же времени была выявлена возможность создания трехступенчатых ракет, способных выводить на орбиту спутника Земли аппараты весом 4-4,5 т.

Эти достижения создали предпосылки для подготовки и осуществления первого полета человека в космическое пространство. Было решено начать разработку аппарата для полета человека в космос.

Проектанты этого аппарата следующим образом формулировали задачу: аппарат должен быть таким, чтобы в первых же полетах человека можно было бы проверить и исследовать его самочувствие и работоспособность в условиях космического полета.

Первый вопрос, который надо было решить, - создавать ли вначале аппарат для полета человека на ракете по баллистической траектории, а затем создавать спутник Земли с человеком на борту (по этому пути пошли инженеры США), или сразу приступить к созданию спутника Земли с человеком на борту.

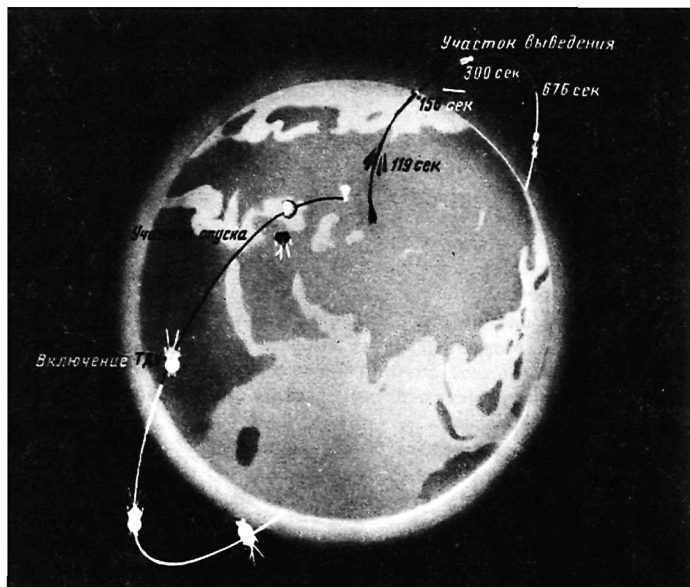


Рис. 1. Схема полета корабля "Восток-1".

Был выбран наиболее короткий путь — путь создания корабля-спутника. Это было сделано по следующим соображениям.

Главное неизвестное (тогда) в космическом полете — влияние невесомости на организм человека. По сравнению с полетами на невесомость на самолетах (0,5 мин) полет на ракете по баллистической траектории (2–4 мин) не может дать сколь-нибудь существенный новый результат. Слишком мало время полета по баллистической траектории в условиях космоса. Минимальное же время полета по орбите спутника Земли (полет на один виток) в условиях невесомости составляет 80–85 минут.

Важно было далее выбрать такую схему аппаратов, которая позволила бы первый полет человека совершить на один виток, а на следующем же полете увеличить его продолжительность, если первый полет не выявит каких-либо непредвиденных опасностей, связанных с длительным пребыванием человека в условиях невесомости, в условиях космического полета.

Это означало, что схема полета корабля должна была включать этапы:

выведения на орбиту,

полета по орбите в течение достаточно длительного времени (желательно несколько суток),

перевода корабля на траекторию спуска (при принятии решения о спуске),

возвращения в атмосферу Земли и посадки.

Вопрос о способе выведения на орбиту решался однозначно тем, что существовала реальная возможность создания ракеты-носителя, обеспечивающей выведение на околоземную орбиту высотой около 200 км корабля весом около 4,5 т.

Вопрос о переводе корабля на траекторию спуска так же мог быть решен достаточно просто – нужно было в заданный момент за счет работы ракетной двигательной установки корабля изменить вектор его скорости таким образом, чтобы перевести корабль с орбиты спутника Земли на траекторию, пересекающую плотные слои атмосферы. А дальше при движении корабля в атмосфере за счет сил аэродинамического сопротивления скорость корабля может быть погашена до дозвуковой, и корабль сможет перейти в режим "приземления".

Несколько более сложным представлялся вопрос о выборе схемы спуска в атмосфере. Можно было бы выбрать схему с использованием аэродинамической подъемной силы (так называется схема спуска с качением), либо баллистическую схему спуска – с использованием только силы лобового сопротивления.

Для первого корабля-спутника была принята баллистическая схема спуска, позволившая более просто и более надежно решить задачу движения и торможения корабля в плотных слоях атмосферы.

Необходимость создания кабины для пилота и отсутствие достаточного опыта эксплуатации приборов в вакууме выдвинули требование герметичности отсеков корабля.

Поскольку вес тепловой защиты аппарата, спускающегося в атмосфере, определяется его размерами, а следовательно, и количеством приборов и оборудования, размещаемых в нем, было решено корабль делать из двух основных частей:

спускаемого аппарата, в котором должны размещаться космонавт и оборудование, обеспечивающее жизнедеятельность его организма в полете, приборов управления, связи, контроля и системы, обеспечивающие приземление;

приборного отсека, в котором должны размещаться приборы, обеспечивающие управление кораблем при его полете на орбите, связь, телеметрические измерения, контроль орбиты, энергопитание аппаратуры и т. п. (т.е. все то, что нужно только при орбитальном полете).

Естественно, после перехода корабля на траекторию спуска, отсеки должны были разделяться и спускаемый аппарат один проходит сквозь плотные слои атмосферы. Приборный отсек с отработавшей двигательной установкой при этом двигается на участке спуска отдельно и сгорает в плотных слоях атмосферы.

Определяющим для компоновки спускаемого аппарата и для корабля в целом является выбор формы спускаемого аппарата. Было рассмотрено несколько возможных форм спускаемого аппарата для баллистического спуска:

конусы,

зонтичная схема (с искусственным увеличением площади мидела спускаемого аппарата с целью снижения нагрузки на мидель и уменьшения температур на поверхности аппарата),

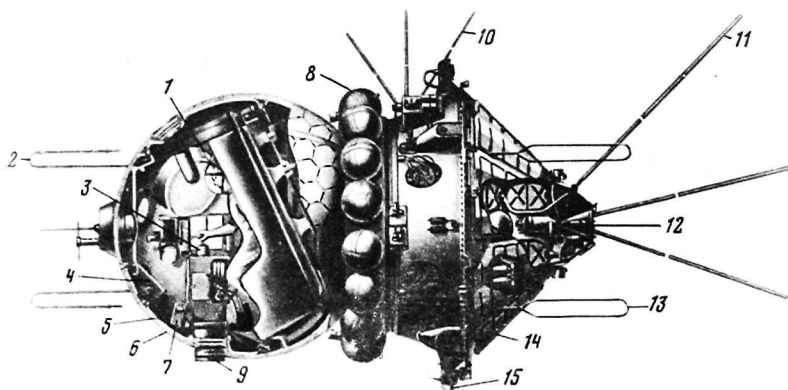


Рис. 2. Схема корабля "Восток":

1 - пилот в катапультном кресле; 2 - антенны командной радиолинии; 3 - рукоятка управления ориентацией; 4 - приборная доска; 5 - спускаемый аппарат; 6 - аппаратура обеспечения жизнедеятельности; 7 - телевизионная камера; 8 - баллоны системы ориентации и системы вентиляции скафандра; 9 - система оптической ориентации "Взор"; 10 - антенна переговорной радиолинии; 11 - антенны системы "Сигнал"; 12 - тормозная двигательная установка; 13 - антенны телеметрических систем; 14 - жалюзи системы терморегулирования; 15 - датчик ориентации по Солнцу.

конические формы, в которых лобовой частью является основание конуса, сфера.

Был выбран спускаемый аппарат сферической формы. Это было сделано по следующим соображениям:

а) аэродинамические характеристики сферы, коэффициент сопротивления, положение центра давления (всегда находится в центре сферы) хорошо известны во всем диапазоне скоростей, который проходит аппарат (от первой космической до дозвуковой скорости);

б) очень просто и надежно можно обеспечить устойчивость движения сферического аппарата в атмосфере. Для этого достаточно сместить центр тяжести аппарата от центра сферы. Это обеспечивает и статическую устойчивость и, как показывали расчеты, хорошую динамику движения аппарата вокруг центра масс даже при произвольной ориентации спускаемого аппарата перед входом в атмосферу и при отсутствии управляющих органов на участке спуска.

Дело в том, что такое симметричное и статически устойчивое тело, как сфера (со смещением из центра сферы центром тяжести) при входе

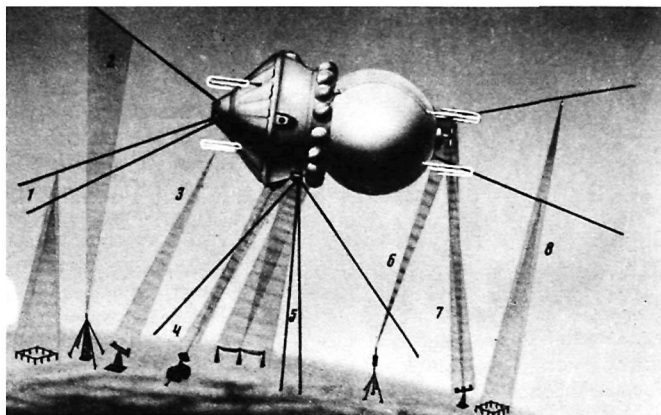


Рис. 3. Схема радиосвязи корабля "Восток" с Землей:

1 - передача оперативной телеметрической информации с борта объекта ("Сигнал"); 2 - прием ширококвещательных радиостанций (ШВР); 3 - передача телеметрической информации и телевизионного изображения с борта объекта; 4 - радиоконтроль орбиты объекта; 5 - двухсторонняя телефонная и телеграфная КВ связь; 6 - прием команд управления объектом (КРЛ); 7 - двухсторонняя телефонная УКВ связь; 8 - передача оперативной телеметрической и телеграфной информации на участке спуска ("Сигнал").

в плотные слои атмосферы автоматически стабилизируется, а его угловые колебания вокруг центра тяжести демпфируются за счет роста аэродинамического скоростного напора по мере снижения. Опыт эксплуатации космических кораблей "Восток" полностью подтвердил эти расчеты;

в) сферическая форма близка к наиболее оптимальной с точки зрения веса тепловой защиты спускаемого аппарата при данном миделе.

Все проектные решения, определившие направление работ и облик первого космического корабля, были приняты в 1958 г. Конечно, предварительные проектные проработки по космическому кораблю, которые позволили обоснованно принять эти решения, включали в себя и анализ потребных характеристик и состава бортовой аппаратуры и систем.

На следующем этапе в 1959 г. были выбраны состав и основные параметры систем и аппаратуры корабля, осуществлены работы по проектированию систем, отдельных агрегатов и корабля в целом, разработаны чертежи, схемы и другая техническая документация на корабль для беспилотных полетов.

В 1960 г. были осуществлены первые беспилотные полеты кораблей-спутников. По результатам этих полетов в сентябре-ноябре 1960 г. про-

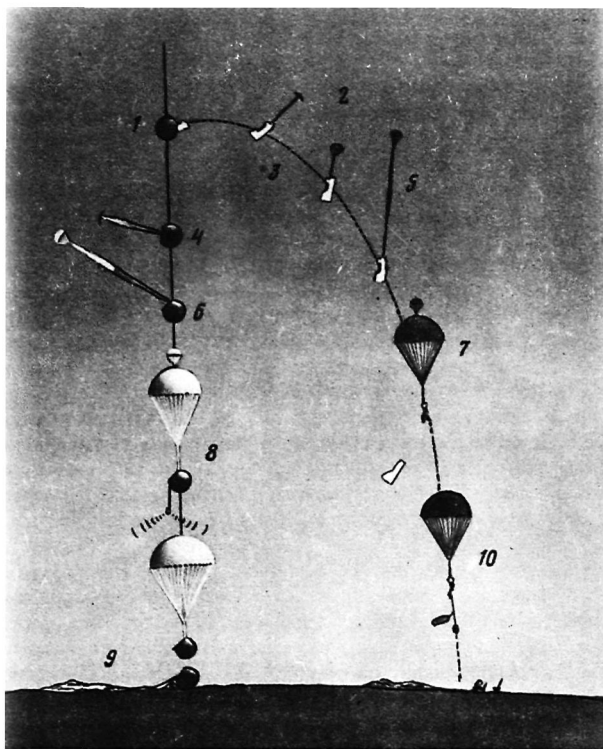


Рис. 4. Схема спуска корабля "Восток":

1 - отстрел люка и катапультирование пилота в кресле; 2 - введение тормозного парашюта; 3 - стабилизация и спуск на тормозном парашюте; 4 - отстрел люка и введение вытяжного парашюта; 5 - введение основного парашюта пилота; 6 - введение тормозного парашюта; 7 - отделение кресла; 8 - спуск на тормозном парашюте; 9 - введение основного парашюта (скорость приземления 10 м/сек); 10 - отделение НАЗа автоматическое наполнение лодки (скорость приземления 6 м/сек)

ект корабля был существенно доработан, уточнен состав и основные параметры систем, усовершенствована конструкция.

При выборе параметров систем и аппаратуры, при принятии решений по отдельным вопросам учитывались следующие важнейшие условия: необходимость обеспечения высокой надежности, безопасности полета и наиболее сжатых сроков создания систем, приборов и агрегатов и их отработки.

Помимо разработки и создания самого корабля и его ракеты-носителя необходимое внимание было уделено наземным средствам обеспечения полета пилотируемых кораблей.

Для контроля работы бортовой аппаратуры корабля в полете, контроля состояния космонавта, контроля параметров его орбиты, для связи с космонавтом и для управления полетом с Земли был разработан и проверен при беспилотных полетах кораблей-спутников наземный командно-измерительный комплекс. В состав комплекса входил ряд наземных пунктов, оборудованных радиоаппаратурой приема телеметрической и телевизионной информации с борта корабля, аппаратурой радиоконтроля орбиты, передачи с Земли на борт команд управления и аппаратурой радиосвязи. Кроме наземных пунктов использовались специальные морские корабли, оборудованные радиоаппаратурой для приема телеметрической информации. Было организовано централизованное управление всеми наземными средствами, участвующими в работе во время полета. Координационно-вычислительный центр получал со всех наземных пунктов результаты радиоизмерений параметров движения корабля, с помощью электронных вычислительных машин обрабатывал эти результаты, вычислял параметры орбиты и выдавал целеуказания наземным пунктам управления и связи (данные о времени появления корабля в зонах радиовидимости наземных пунктов, программы движения наземных антенн и т.д.).

Поиски космонавта и спускаемого аппарата после возвращения на Землю осуществлялись с помощью централизованной службы поиска и эвакуации, в состав которой входили самолеты и вертолеты, оборудованные средствами радиопеленгации, отряды десантников-парашютистов, группы технического персонала, доставляемые к месту приземления самолетами и вертолетами.

Большое место в работах по осуществлению первых полетов человека в космос занимали медико-биологические исследования на животных при беспилотных полетах на кораблях-спутниках и подготовка космонавтов к полету. Эксперименты на животных подтвердили возможность для живого организма перенесения факторов космического полета.

Конечно, успех в осуществлении первых полетов человека в космос объясняется не только удачными и грамотными техническими решениями, принятыми при проектировании корабля. Громадное значение имела работа по тщательной разработке технической документации на конструкцию корабля, его приборное и агрегатное оборудование, на схемы управления, на сборку и юстировку приборов, агрегатов и корабля в целом, на подготовку и испытания корабля в условиях завода, на космодроме и на старте. Созданию и полетам кораблей предшествовала действительно огромная работа по наземной отработке основных систем и агрегатов корабля, по подготовке космонавтов.

Техническая документация на беспилотные корабли и на соответствующие экспериментальные установки была в основном разработана летом 1959 г. (чертежи корпуса отсеков корабля были выпущены раньше - весной и в начале лета) и к осени 1959 г. уже начата была сборка экспериментальных установок для наземной отработки отдельных механиз-

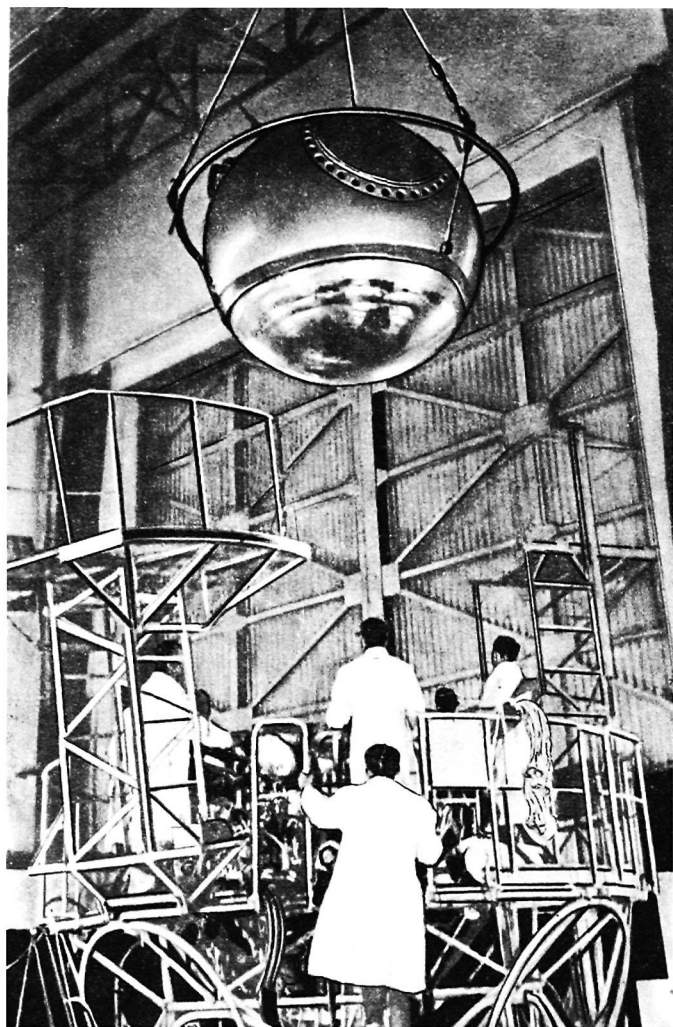


Рис. 5. Сборка беспилотного корабля-спутника на космодроме (1960г.).

мов, агрегатов, двигательной установки, конструкции и компоновки корабля, тепловой защиты, для самолетных испытаний системы приземления, для отработки всех бортовых приборов и систем на комплексном электрическом стенде корабля, для отработки теплового режима и т.п.

Основной объем наземной экспериментальной отработки был выполнен в конце 1959 г. – в первой половине 1960 г.

Одновременно велись работы по созданию ракеты-носителя для космического корабля, отработка ее систем и двигателей на стендах и, наконец, отработка ракеты в полетах.

Успешно проходившие наземная отработка корабля и отработка ракеты-носителя в полетах позволили перейти к выполнению запусков кораблей без экипажа. В мае 1960 г. был запущен первый корабль-спутник (без тепловой защиты спускаемого аппарата, не предназначенный для посадки на Землю), а 19 августа был успешно запущен корабль с животными на борту, который был благополучно возвращен на Землю 20 августа 1960 года.

После внесения изменений в проект корабля по результатам этих запусков техническая документация на корабль в сентябре-декабре 1960 г. была практически выпущена заново, были проведены дополнительные наземные экспериментальные работы, необходимые для перехода к пилотируемым полетам (в том числе отработка систем обеспечения жизнедеятельности, скафандров, катапультируемых кресел, парашютных систем космонавтов, системы ориентации, двигательной установки, дополнительные запуски ракеты-носителя и т.д.).

В конце 1960 – начале 1961 гг. по уточненной технической документации были изготовлены корабли, они прошли цикл отработки и электрических испытаний на заводе и на космодроме.

Эти корабли стали впоследствии известны как корабли "Восток".

В марте 1961 г. были осуществлены два запуска беспилотных кораблей по программе, полностью совпадающей с программой подготавливавшегося первого пилотируемого полета. Задачей этих беспилотных полетов была полная проверка всех бортовых систем и конструкции корабля. Оба полета прошли успешно без сколь-нибудь существенных замечаний. Спускаемые аппараты и манекены (которые устанавливались на месте пилота) благополучно приземлились после возвращения из полета.

Все это позволило перейти к решающему этапу – выполнению первого полета человека в космическое пространство.

12 апреля 1961 г. ракетой-носителем был выведен на орбиту космический корабль "Восток-1" с первым космонавтом – Юрием Алексеевичем Гагариным. Полет Ю.А.Гагарина был запланирован на 1 оборот вокруг Земли – т.е. на минимальное время полета при условии возвращения на территорию Советского Союза. Во время полета Ю.А.Гагарин чувствовал себя нормально. Все системы корабля работали практически без замечаний. Корабль с космонавтом приземлился в расчетном районе.

Естественно встал вопрос о подготовке следующего шага в осуществлении пилотируемых полетов.

Некоторые медики, отвечавшие за медико-биологическую сторону подготовки пилотируемых полетов, предлагали осуществить следующий по-

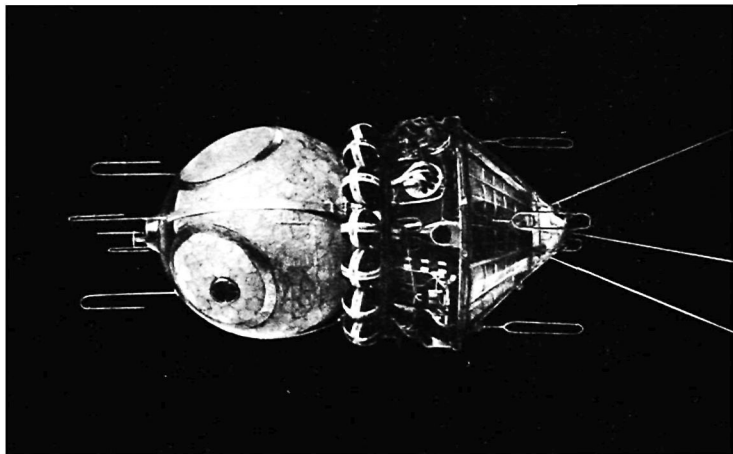


Рис. 6. Корабль "Восток".

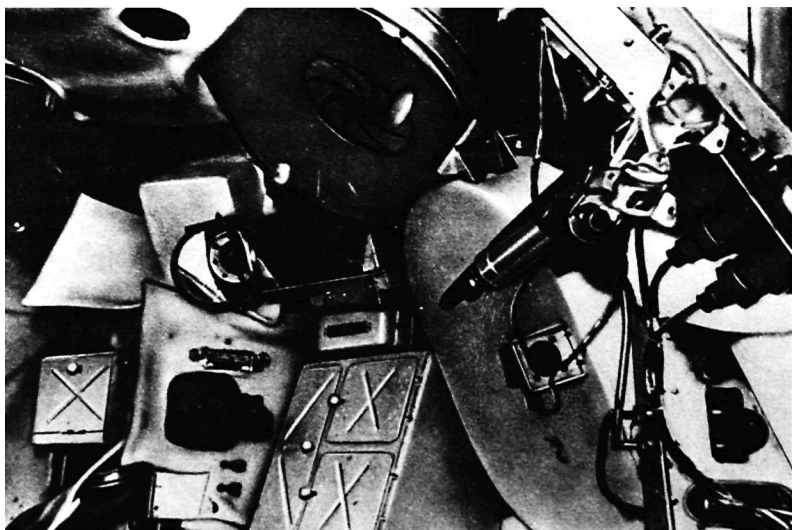


Рис. 7. Кабина корабля "Восток".

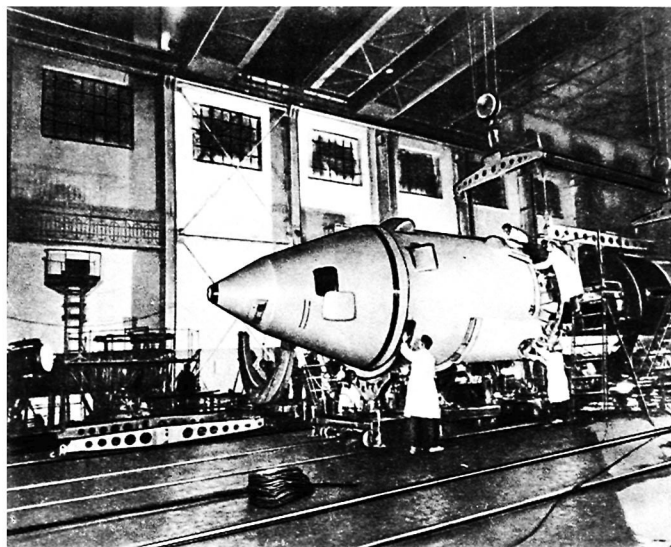


Рис. 8. Подготовка корабля и ракеты-носителя на космодроме (одна из заключительных операций - одевание головного обтекателя).



Рис. 9. Спускаемый аппарат корабля "Восток" после возвращения из полета (кресло космонавта отсутствует).

лет на 3-4 оборота вокруг Земли с тем, чтобы постепенно увеличивать время пребывания человека в условиях невесомости. Однако большинство специалистов (в том, числе и Г.С.Титов, который был назначен пилотом следующего корабля), высказались за полет на одни сутки — с тем, чтобы сделать существенный шаг в увеличении времени космического полета.

6 августа 1961 г. был выведен на орбиту второй советский космический корабль "Восток-2" с космонавтом Германом Степановичем Титовым. Этот полет продолжался одни сутки. Во время полета Г.С.Титов чувствовал себя нормально, сохранил хорошую работоспособность, проводил эксперименты, медицинские тесты, поддерживал связь с наземными пунктами управления, управлял бортовой аппаратурой. Этот полет также закончился успешно. Обширная информация, привезенная из полета Германом Титовым, оказалась весьма важной для подготовки космонавтов к следующим космическим полетам, особенно в части улучшения тренировки вестибулярного аппарата космонавтов.

В августе 1962 г. был успешно осуществлен первый полет одновременно двух космических кораблей с космонавтами А.Г.Николаевым и П.Р.Поповичем, а в июне 1963 г. — полет двух космических кораблей, пилотируемых В.Ф.Быковским и В.В.Терешковой.

Создание кораблей "Восток" и успешное выполнение первых полетов в космическое пространство создали необходимую базу для дальнейшего развития техники пилотируемых космических кораблей в Советском Союзе.

Следующим шагом в развитии пилотируемых полетов было осуществление полетов кораблей с экипажем, состоящим из нескольких человек, осуществление полета с выходом человека из корабля во время полета. Для этого на базе конструкции и систем корабля "Восток" был создан многоместный корабль "Восход". Разработка проекта и технической документации на корабль "Восход" были проведены в 1964 г. В этом же году был выполнен большой объем экспериментальных работ по отработке двигателей, системы приземления, систем обеспечения жизнедеятельности, скафандров для корабля "Восход-2", системы шлюзования, бортовой аппаратуры и агрегатов корабля.

Полетам пилотируемых кораблей "Восход" предшествовали два запуска беспилотных кораблей, во время которых были проверены конструкция и оборудование корабля.

В октябре 1964 г. был осуществлен полет корабля "Восход-1" с экипажем из 3-х человек. В марте 1965 г. был осуществлен полет корабля "Восход-2" с экипажем в составе П.И.Беляева и А.А.Леонова. В этом полете впервые был осуществлен выход человека из корабля в космическое пространство.

В 1962 г. были начаты проектные работы по новому космическому кораблю, который впоследствии стал известен как корабль "Союз". Этот корабль должен был представить более широкие возможности для проведения научных и технических исследований в полетах по орбите спутника Земли. Он также предназначался для отработки ряда новых техни-

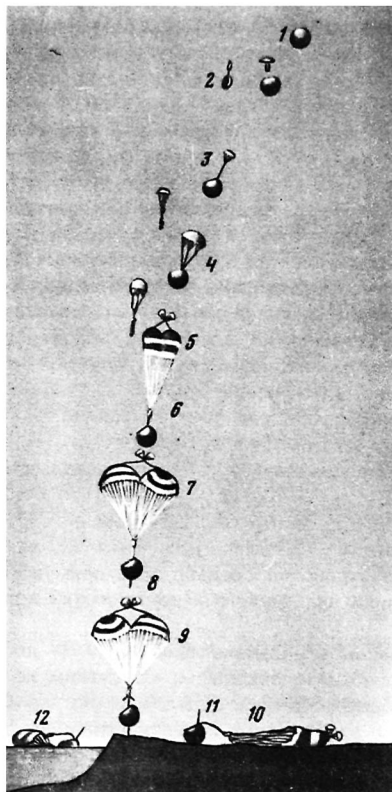


Рис. 10. Схема приземления корабля "Восход":

1 - отстрел крышки парашютного люка на высоте 5000 ± 500 м; 2 - крышка парашютного люка и чехол вытяжного парашюта; 3 - вытяжной парашют; 4 - тормозной парашют; 5 - высота 3100 ± 500 м. Через 18 сек. после отстрела крышки парашютного люка производится отцепка тормозного парашюта и ввод основных парашютов. 6 - тормозной реактивный двигатель твердого топлива; 7 - через $12 \pm 0,5$ сек. после отстрела тормозного парашюта производится раскрытие шупа дистанционного контактного устройства (ДКУ). Через $5 \pm 0,5$ сек. после ввода шупа подается питание на ДКУ. Вертикальная скорость снижения $V_y = 7,4 \pm 0,3$ м/с (у Земли). 8 - шуп ДКУ; 9 - срабатывание ДКУ и запуск двигателя. Разблокировка цепей отстрела стенок основных парашютов. Скорость приземления $0 \div 2$ м/сек. 10 - приземление. Отстрел по одной стенке основных парашютов. 11 - ввод антенны; 12 - отстрел всех четырех стенок основных парашютов. Посадка на воду.

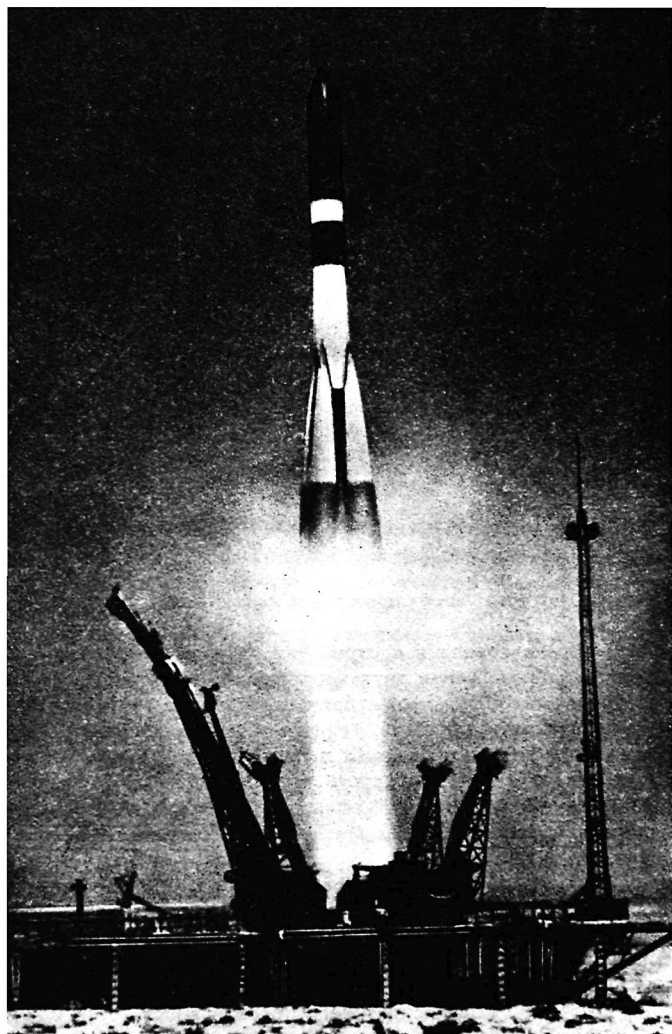


Рис. 11. Старт ракеты-носителя с космическим кораблем "Восход".

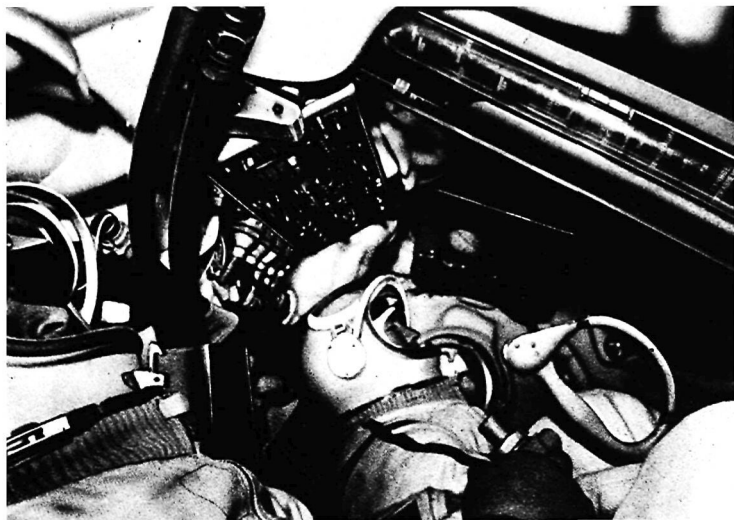


Рис. 12. П.И. Беляев и А.А. Леонов в кабине корабля.

ческих средств, которые необходимы для дальнейшего развития космической техники.

Ставилась задача создания и отработки на этом корабле средств измерения параметров движения двух кораблей относительно друг друга, управления процессом сближения и причаливания, механической и электрической стыковки двух кораблей, маршевых и координатных двигателей, обеспечивающих процессы сближения и причаливания, новых систем ориентации и управления, средств спуска корабля на Землю с использованием аэродинамической подъемной силы при движении спускаемого аппарата в атмосфере, новой системы приземления, с резервированием парашютной системы и т.д.

Эти задачи и определили конструкцию корабля, состав и конструкцию основных систем и агрегатов корабля.

Первый пилотируемый полет корабля "Союз-1" в апреле 1967 г. закончился трагически – при посадке корабля погиб пилот корабля космонавт В.М.Комаров. Причиной этой аварии явилось нарушение в работе парашютной системы приземления. Недостаток в конструкции системы приземления, приведший к аварии, проявился именно в этом полете, хотя полетам корабля "Союз-1" предшествовали и успешно закончившиеся самолетные испытания системы приземления и беспилотные запуски корабля. В 1967–1968 гг. были внесены изменения в конструкцию корабля, проведен большой объем дополнительных самолетных испытаний системы приземления. В дополнительных беспилотных полетах были проверены вновь все системы

корабля и, в том числе, система приземления. 26–31 октября 1968 г. был осуществлен полет корабля "Союз-3" с космонавтом Г.Т.Береговым. За одни сутки до старта корабля "Союз-3" на орбиту был выведен беспилотный корабль "Союз-2". В задачи полета кораблей "Союз-2" и "Союз-3" входили: отработка автоматических режимов работы систем и оборудования кораблей, отработка ряда основных режимов ручного управления кораблем, а также проведение научных и технических экспериментов.

14–18 января 1969 г. был совершен первый запуск кораблей "Союз-4" и "Союз-5", на которых совершили полет космонавты В.А.Шаталов, Б.А.Волынов, А.С.Елисеев, Е.В.Хрунов. Во время этого полета был проведен процесс автоматического сближения кораблей до расстояния около 200 м, причаливание кораблей при ручном управлении, стыковка и переход А.С.Елисеева и Е.В.Хрунова из корабля "Союз-5" в корабль "Союз-4" через открытое пространство.

Этот полет продемонстрировал, что созданы и проверены в полете средства сближения и стыковки космических кораблей.

11–18 ноября этого же года был осуществлен сложный групповой полет трех кораблей "Союз" с экипажами в составе: В.А.Шаталов, А.С.Елисеев, Г.И.Шонин, В.Н.Кубасов, А.В.Филипченко, В.Н.Волков и В.В.Горбатко.

1–19 июня 1970 г. был осуществлен длительный полет корабля "Союз-9" с экипажем в составе А.Г.Николаева и В.И.Севастьянова. Этот полет имел важное значение как начало нового этапа в решении задачи постепенного увеличения длительности космических полетов, разработки и проверки в полете средств, позволяющих осуществлять длительные космические полеты без искусственной тяжести.

С запуском космических кораблей "Союз-10" и "Союз-11" и орбитальной научной станции "Салют" начался новый этап в освоении космоса. Сделан важный шаг к созданию долговременных орбитальных научных лабораторий, открывающих возможности проведения исследований и экспериментов в более широком масштабе.

После завершения программы полета на орбитальной станции "Салют", которая продолжалась 24 дня, из-за преждевременной разгерметизации аппарата на участке спуска погибли члены экипажа корабля "Союз-11" Г.Т.Добровольский, В.Н.Волков, В.И.Пацаев. Мы чтим память мужественных советских космонавтов, выполнивших важную и ответственную работу на первой долговременной орбитальной станции.

Полет станции "Салют" позволил организовать целый комплекс медико-биологических исследований по определению оптимального режима жизнедеятельности космонавтов в условиях длительного пребывания в невесомости; были получены интересные результаты при изучении физических процессов в атмосфере и в космическом пространстве. Особое значение имеют выполненные работы для народного хозяйства, в частности, наблюдения за геолого-географическими объектами земной поверхности, атмосферными образованиями и др.

Впереди – новые задачи по отработке технических средств освоения космического пространства.

Ф.А. ЦАНДЕР, ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ РАКЕТОСТРОЕНИЯ

Ф.А.Цандер является одним из основоположников советской ракетно-космической науки и техники и принадлежит к числу пионеров мирового ракетостроения. Это почетное место – результат многолетней теоретической и практической работы в области космонавтики, результат бескорыстного и последовательного служения одной цели – разработке идей в области космонавтики и тем самым приближению эры межпланетных полетов.

Фридрих Артурович Цандер родился 23 (11) августа 1887 г. в семье доктора медицины и до 1915 г. жил в Риге. Воспитание, окружающая среда, полученное образование – все эти условия способствовали формированию его и как молодого исследователя и как прогрессивно настроенного человека.

Уже с детских лет у Цандера ярко выразилось его призвание, чему в немалой степени способствовал отец. "Рассказы про полеты Г.Либлиенталя в Германии и пущенные отцом высоко воздушные змеи возбудили во мне рано вопрос о том, нельзя ли будет мне самому добиваться перелета на другие планеты. Эта мысль меня больше не оставляла", – писал Ф.А.Цандер в 1925 г. [1, стр. 56]. Этому признанию Ф.А.Цандер был верен всю жизнь.

Первые научные изыскания Ф.А.Цандера в области межпланетных полетов относятся к 1907–1908 гг. [1, стр. 8]. В 1909 г. Цандер впервые высказал мысль о целесообразности использования элементов конструкции межпланетного корабля в качестве горючего [2]. С 1917 г. Ф.А.Цандер приступил к систематическим углубленным исследованиям "вопроса о перелете на другие планеты" [1, стр. 57]

Если попытаться представить себе творчество Ф.А.Цандера крупным планом, а именно такую задачу мы и стремимся решить в данной работе, то первое, что необходимо отметить – это комплексный характер всей деятельности Ф.А.Цандера в области космонавтики.

Для оценки значения этого крупного ученого и изобретателя в его деятельности условно могут быть выделены следующие аспекты:

- 1) научно-теоретический;
- 2) проектно-технический;
- 3) организационный;
- 4) пропагандистский.

Комплексность подхода Ф.А.Цандера выражалась как в широком охвате видов деятельности, так и в разработке совокупности проблем внутри каждого направления. Это прогрессивное обстоятельство обусловлено, на наш взгляд, двумя причинами. Первая – объективная. Ф.А.Цандер находился в начале развития космонавтики. Он был одним из первых, кто начинал инженерную деятельность в этой области. А стадия разработки какого-либо нового направления неизбежно связана с необходимостью его цельного представления, хотя бы в первом приближении. Поэтому в теоретических работах Ф.А.Цандера нашли отражение многочисленные

проблемы, связанные с реализацией космического полета: энергетики, конструкции летательного аппарата, аэродинамики, систем жизнеобеспечения и ряд других.

Естественно, что дальнейшее развитие редко полностью оправдывает первые представления, ибо основывается уже на другом уровне знаний и возможностей. С этой точки зрения, рассматривая период первых практических работ в области космонавтики, нам кажется не следует оценивать идеи и предложения Цандера только с позиций сегодняшнего дня, т.е. что конкретно уже осуществлено и что представляется перспективным. Более целесообразно оценивать разработки Цандера в "контексте" того исторического периода (не забывая, естественно, о современном уровне развития космонавтики), выясняя насколько рациональны и оригинальны они были в сравнении с другими предложениями.

Если объективные условия предполагали возможность широкого охвата проблем зарождающейся космонавтики, то способности Цандера как ученого, инженера, организатора выдвинули его в ряд пионеров ракетно-космической науки и техники.

Рассматривая научно-теоретический аспект его деятельности и учитывая общий ход развития мировой ракетно-космической науки и техники, к наиболее существенным проблемам, которыми занимался Ф.А.Цандер, необходимо отнести теоретическое обоснование ряда оригинальных идей и разработку методов расчета в области аэродинамики и реактивных двигателей, в частности, использование гравитационных полей планет и их атмосфер, использование кислорода атмосферы, разработка новых циклов двигателей, использование металлического горючего, методы расчета двигателей, ракет и др.

При разработке теоретических проблем аэродинамики Ф.А.Цандер к середине 20-х годов уже довольно подробно исследовал такие, представляющие существенный научный интерес и сейчас вопросы, как движение космического корабля в гравитационном поле Солнца, планет и их спутников, определение оптимальных траекторий и продолжительности полетов при различных условиях и ряд других.

Цандер обосновал возможность уменьшения расхода рабочего тела за счет использования сложной структуры гравитационного поля планет. Цандером была доказана также реализованная сейчас на практике целесообразность использования аэродинамического качества космических кораблей при посадке.

Одно из ведущих и глубоко разработанных мест среди научных интересов Ф.А.Цандера принадлежит проблеме двигателя для межпланетного летательного аппарата и, пожалуй, наиболее существенная идея Цандера в решении этой проблемы — идея использования атмосферного воздуха в качестве окислителя в двигательных установках для значительного улучшения их экономичности по сравнению с чисто ракетными системами.

В настоящее время различные схемы комбинированных реактивных двигателей широко применяются в ракетной технике, а идея использования воздушно-реактивных двигателей в качестве силовой установки первой ступени космических ракет заложена во многие проекты.

Охватывая межпланетный полет целиком, Цандер предвидел, что применение обычных "химических" типов двигателей на участках между орбитами планет нерационально, поэтому в его работах содержатся мысли о возможности использования в качестве движущей силы светового давления, ядерной энергии и некоторые другие [1, стр. 54-55].

Для Ф.А.Цандера как ученого характерен конкретный подход к рассматриваемым проблемам с установлением достаточно строгих качественных и количественных соотношений. Так, например, в работах "Тепловой расчет ракетного двигателя на жидком топливе" [3, стр. 360-403], "Реактивные двигатели, работающие материалами, дающими не только летучие, но и твердые продукты горения" [3, стр. 482-498], Цандер решал такие вопросы, как определение температуры продуктов сгорания с учетом переменной теплоемкости и диссоциации при высоких температурах, учитывал такие условия как потери в сопле, элементах т.д.

Ф.А.Цандер обладал удивительным даром видеть проблему в самых разных аспектах: и в чисто теоретическом и конструкционном и даже в производственном и технико-экономическом. Поэтому научно-теоретическая деятельность Ф.А.Цандера самым тесным образом связана с его проектно-техническими разработками, которые собственно являются прямым продолжением первых. Примером этого положения может служить проект межпланетного корабля Цандера [4], логично включивший многие оригинальные идеи ученого, в частности, использование аэродинамического качества при подъеме и спуске в атмосфере; использование в качестве горючего твердого строительного материала ракеты, ставшего ненужным для дальнейшего полета; применение комбинированной силовой установки и др. Показательно, что при рассмотрении возможности реализации своего проекта Цандер постоянно учитывал опыт развития авиационной техники [5].

С 1928 г. Цандер непосредственно занимался расчетной и конструкторской деятельностью по практическому воплощению своих замыслов, главным образом в области ракетных двигателей. В 1929-1930 гг. им был построен и в дальнейшем многократно испытан первый его ракетный двигатель ОР-1, работавший на газообразном окислителе.

Опыт этих испытаний в 1932-1933 гг. позволил ему создать во второй половине 1932 г. проект ЖРД ОР-2, предназначенный для установки в качестве основного двигателя на ракетный планер РП-1 конструкции Б.И. Черановского.

Смерть помешала Ф.А.Цандеру увидеть ОР-2 в работе так же, как закончить проектирование более мощных ЖРД с тягой 600 кг и 5 т и завершить другие разработки.

При исследовании жизни и деятельности Ф.А.Цандера не вызывает сомнения тот факт, что он не был ученым-одиночкой, более того, он прекрасно понимал, что развитие космонавтики под силу лишь большим коллективам специалистов-энтузиастов. Поэтому наряду с работой ученого и инженера Цандер вел большую и сложную работу организатора, педагога, пропагандиста и популяризатора ракетно-космической науки и техники. Ф.А.Цандер читал лекции в Московском авиационном институте, участвовал в публичных выступлениях в различных городах страны

Этой же цели – популяризации идей космонавтики и привлечения широкой массы энтузиастов для работы в этой области – во многом служили и печатные работы Цандера, начиная с первой его научной публикации в 1924 г. [6]. С этой же целью Ф.А.Цандер принимал активное участие в деятельности различных “космических” обществ – МОЛА, изучения межпланетных сообщений и т.д.

Этап практической реализации замыслов Ф.А.Цандера был связан с необходимостью создания коллектива исследователей с необходимой начальной материальной базой. Цандер выступил одним из инициаторов и организаторов такого коллектива – ГИРДа, в котором проработал с 1932 г. до конца жизни.

Оценивая деятельность Ф.А.Цандера, направленную на осуществление межпланетных полетов, энтузиасты ракетной техники, в том числе К.Э. Циолковский, С.П.Королев, Ю.А.Лобедонцев, писали в 1933 г.: “На основе этих теоретических и практических работ Ф.А.Цандер создал свою школу в области теории и конструкции реактивных двигателей” и далее “Перу Ф.А. (Цандера) принадлежит ряд теоретических трудов, дающих единственные в мире расчеты в области реактивного дела” [7].

Изучение жизни и творчества Ф.А.Цандера далеко не закончено. Имеется большой научный архив ученого, анализ его позволит расширить наши представления о хронологии и содержании работ Ф.А.Цандера. Но даже то, что уже известно и опубликовано, дает основание причислить Ф.А.Цандера к основоположникам ракетной техники. Деятельность созданной им школы последователей и учеников может служить доказательством плодотворности его идей.

Литература

1. Ф.А.Цандер. Из научного наследия. М., 1967, стр. 56.
2. Там же, стр. 8.
3. Ф.А.Цандер. Проблема полета при помощи реактивных аппаратов. М., 1932, стр. 71.
4. Ф.А.Цандер. Из научного наследия. М., 1967, стр. 57.
5. Там же, стр. 54–55.
6. Пионеры ракетной техники. М., 1964, стр. 360–403.
7. Там же, стр. 482–498.
8. Описание межпланетного корабля системы Ф.А.Цандера. В кн.: Пионеры ракетной техники. М., 1964, стр. 271–276.
9. Ф.А.Цандер. Перелеты на другие планеты. В кн.: Пионеры ракетной техники. М., 1964, стр. 270.
10. Ф.А.Цандер. Перелеты на другие планеты. – “Техника и жизнь”, 1924, №13, стр. 15–16.
11. Газета “Техника”, 1933, № 30 от 30 марта.

No history of the development of the solid propellant rocket should fail to mention two names: the Englishmen Sir William Congreve and William Hale. Yet while Congreve and his early 19th century rockets are well known to students of rocket history, Hale and his projectiles of the mid to late 19th century are more obscure and should be studied further.

It was the civil engineer William Hale who invented the first successful spin-stabilized or rotary rocket in 1844, thereby eliminating the cumbersome guidesticks of the older Congreve rockets. Hale also developed the hydrostatic method of loading rockets. These achievements were the demarcation line between the first crude, hand-made stick stabilized rockets of the Congreve era and the first machine-made, all-metal stickless rockets of the height of the industrial Revolution. For apart from dispensing with the thousand year old wooden guidesticks and improving accuracy and stability of rockets through spinning, Hale adapted new discoveries and inventions in metallurgy and machining to rocket technology and created his own revolution in the state of the art.

William Hale was not the first to propose stickless rockets, though his were the first successful ones. In the United States, in about 1815, attempts were made by an unknown inventor to rotate a rocket by drilling helical exhaust orifices around the base. the 18th century French pyrotechnist Frazier, probably borrowing from earlier pyrotechnists, suggested counter balance weights in lieu of sticks. Fins or wings can be traced back even further and are fully described by the 17th century Polish artillerist Kazimierz Siemienowicz. Fins were the most logical means of both dispensing with the traditionally long guide sticks and with achieving stability.

However, fin-stabilized rockets were not popular and seem to have been confined to use in firework displays. Their lack of success may have been due to their inferior construction (generally of pasteboard and glue), their relative difficulty of manufacture and their low efficiency compared to those stabilized by sticks. The low impulse and velocity of rockets as well as a lack of knowledge of aerodynamics in this early period were also factors.¹

Hale's first consideration for developing stickless rockets seems to have been the reduction of the awkward length of the sticks of Congreve rockets for ease in handling and facility of transportation rather than the achievement of better stability. However, it soon became apparent that these problems were interrelated. In fact, the stability and therefore the accuracy of the Congreve rockets had never fully been satisfactory, the fastening and balancing of sticks being especially critical. Military men were therefore interested in the elimination of the stick as well as improved stability.²

The development of Hale's rockets took more than twenty years and encompassed four major design changes, many refinements and several "intermediate" changes. The first design, patented in 1844 (British Patent No. 10,008 of January 11), entitled "Improvements in Rockets", actually was composed of five separate designs. All were "to dispense with the necessity of using sticks, or rods, or wings." Four of these designs employed some form of fin stabilization while in the other, Hale simply replaced the stick with a weight in the aft end of the rocket. A longitudinal hole was bored through the weight to permit escape of the exhaust gases. The pattern may in fact have represented Hale's original scheme to dispense with the stick.³

The second design described in the patent introduced spin stabilization. The rocket consisted of an iron tube with a central, longitudinal exhaust cavity or opening at the base (de Laval nozzles were not to be invented and adapted to rockets until roughly half a century later). Around the circumference of the base, which was of heavy cast iron, were drilled four or five equidistant and oblique holes which intersected the main exhaust hole. Most of the exhaust gas would thus pass through the central exhaust hole out of the rear of the rocket and drive it forward ("rectilinear motion", as Hale termed it). The remainder of the gas would escape through the oblique holes, causing rotational motion about the rocket's longitudinal axis. This simple but significant principle formed the basis of all Hale rotating rockets which were to follow and provided the basis for Hale's future work.⁴

The three remaining ideas described in Hale's patent were variations upon this principle. For example, in one of the designs, the oblique openings were transferred from the tail section to the area just beneath the warhead. Apparently only the first spin design was built and tested. This 1844 pattern was sold to the Americans who used them in limited numbers during the Mexican-American War of 1847-9 and the rocket was also demonstrated to the Swiss, the Russians and the French, though the latter two nations did not purchase them.⁵

Hale's early rockets exhibited some undesirable characteristics. They were expensive by the standards of the day, and they often did not have the range of the stick-stabilized types. In addition, the projectile sometimes had a tendency to oscillate rather violently at the tail end, once the composition had been expended. Hale called this phenomenon the "after end orbit". It was behavior which negated what accu-

curacy and stability the inventor was trying to achieve. Lateral deviations were markedly wider when fired in comparative trails with other rockets. Compared to standard Russian rockets made at the St. Petersburg Rocket Institute which had deviations of 30 paces (in a trial at St. Petersburg, held in August, 1850), Hale rockets deviated 220 paces. Ranges in this case were 162-590 sagues (378-1377 yards) for Hale rockets and 72-382 sagues (168-891) yards for the Russian rockets. Here it must be emphasized that range was the most important criterion of the performance of 19th century military rockets and that other parameters, particularly of interior ballistics, were largely ignored (Hale did, in 1863, write a treatise on the exterior ballistic motions of his rockets). In any event, standardization of manufacture and reliability of performance were consequently difficult to achieve.⁶

Considering that little means of testing other than empirical observation existed, it is no wonder that Hale did not find a solution to the "after end orbit" of his rockets until 1855. During this time he was also busy promoting his rockets and selling them around the world as well as being involved with other inventions. However, by 1855, Hale had discovered that as the propellant was expanded, the rocket's center of gravity shifted toward the base of the rocket tube, causing the "after end orbit". The rate of gas escape through the tangential toles and the rate of the rocket's spin during the flight (as well as other factors) determined the degree to which the rocket wobbled.⁷

Hale eliminated this problem by boring his oblique holes at the rocket's natural center of gravity, slightly beneath the warhead (actually a slight revision of an idea given in his 1844 patent). The center of gravity would therefore remain stationary. In 1858 Hale received a patent for this

change (British Patent No.2497 of November 8). At the same time he designed a tandem arrangement whereby a separate propellant section in the rocket's forepart was to operate the spinning section and a separate lower cavity only the onward or driving motion. This system also served to strengthen the rocket's case. The latter modification was taken up by the Austrians, who, nonetheless, considered it a wholly Austrian innovation. Hale also reduced the number of tangential vents from four to three. This was to insure a more concentrated escape of gas for greater rotation rates, and for ease in manufacture.⁸

The 1855-1858 rocket may have seen experimental service by the British Army at the close of the Crimean War, but was certainly been made by both Union and Confederate arsenals during the American Civil War a few years later. The Prussians also purchased these models, in 1860, and the Austrians similarly adopted and modified them.⁹

The final and what may be called the "classical" design of Hale rockets was patented in 1862 and was refined to its final form in 1865 (British Patent No.1,183 of April 20). The latter rocket utilized the propellant gas fully for both propulsion and stability by a special cast iron tail piece threaded to the base. Hale called this piece a "rotator". It consisted of three curved and slightly inclined metal vanes (or "half tubes"), so that the exhaust gas itself caused the rotation directly through the axis by impinging upon the vanes as soon as it left the exhaust cavity. The exhaust thus provided equally both rotary and rectilinear motion, with the rocket maintaining its stability throughout its flight. Though it is conjecture, Hale's earlier studies and patents on steam propulsion for vessels -- particularly the behaviour of the vessels whirling propellers through

a fluid, water -- may well have contributed to the eventual development of this rocket.¹⁰

With his 1865 rocket patent, Hale's development of the rotating rocket was complete. It was this projectile that was officially purchased by the British Government in 1867 and which entirely superseded Congreve type rockets in that country. British Hale rockets were not officially withdrawn until as late as 1919, and they were used in numerous colonial wars from the Abyssinian War of 1868 until at least 1899. Other nations also bought this model, including Portugal, China, Siam and the Transvaal Republic (South Africa).¹¹

Concurrently with the development of his rockets, Hale also introduced his hydraulic rocket press for compressing the black powder into rocket tubes, and the increased use of new machining techniques for constructing and finishing his rocket cases. Hale's rockets were to become far more reliable and safer than the largely hand-made, metal, wood, and canvas rockets of the Congreve era. Coincidentally, Hale also took out patents on methods of rolling iron and steel, and he is also known to have visited Johann Conrad Fischer's famous iron and steel foundry in Switzerland, in 1850. Tolerances of plus or minus .025 inches were obtainable in later Hale rockets and powder was rammed at pressures as high as 40,000 pounds per square inch. This made for far greater impulse and overall performance.¹²

Hale did not invent the hydraulic rocket press but he did use it exclusively and can thus be credited with introducing it to those nations which adopted his rockets. Prior to Hale's hydraulic press, muscle-operated weight and pulley "pile-drivers" or "monkey rams" were used which were both difficult and dangerous to operate. The French artillery Captain L.C.H. Le Chavallier constructed a hydraulic press as early as 1834 in Vincennes, ten years before Hale's first

patent, but it was only considered experimental. Hale himself never took out a patent on a press, though his American agent, Joshua Burrows Hyde, did (American Patent No.40,042 of September 22, 1863).¹³

Thus, when on March 30, 1870 William Hale died at the age of seventy-three, he had left an important technological legacy. He had brought the gunpowder rocket almost to the apex of its development, lengthened the life span of the military rocket by forty or fifty years and thereby had kept alive its associated technology and possibilities for further application.¹⁴

Notes

1. Alan St.H. Brock, A History of Fireworks (London, 1949), pp.238-239; Casimir Siemienowicz, The Great Art of Artillery (London, 1729), pp.161-162; M. (erigon) de Montgéry, "Traité des Fusees de Guerre," Annalos Maritimes et Coñoniales (Paris), II.^e Partie, T. 2, pp.658-659.
2. William Hale, Hale's War Rockets, Statement for the Referee, to be Appointed by the Right Hon. Earl de Grey and Rinon. War Office Better, 79 H. 349 (Westminster, 1865), p.3.
3. William Hale, British Patent No. 10,008, January 11, 1844, "Rockets," pp.2-4.
4. Ibid.
5. Ibid; V.(ictor) de Ponticny, "Des Fusées de Guerre sans Baguette," Journal des Armes Spéciales (Paris), Série 2, T. 7, September 1846, p.435; John Scoffern, Projectile Weapons of War (London, 1852), p.135; Viktor N. Sokol'skii, Russian Solid-Fuel Rockets, Translated by the Israeli Program for Scientific Translations (Jerusalem, 1970), pp.58-59.
6. Sokol'skii, loc. cit.; William Hale, British Patent No.2497, November 8, 1858, "Rockets," pp.1-2; National Archives, Washington, D.C., Record Group 156, "Special File," Inven-

- tions, Class 4 and 5, Office of the Chief of Ordnance, 1863-70, Letter from Robert Hale to Jefferson Davis, November 13, 1855, and other letters in this series; William Hale, Treatise on the Comparative Merits of a Rifle Gun and Rotary Rocket Considered as a Mechanical Means of Ensuring a Correct Line of Flight to a Body Impelled Through Space (London, 1863); Great Britain, War Office, Treatise on Ammunition (London, 1870), p.186.
7. National Archives, loc. cit.; William Hale, British Patent No. 2497, loc. cit.
 8. Hale, British Patent No. 2497, op. cit., pp.3-5; Anton Dolleczek, Geschichte der Osterreichischen Artillerie (Vienna, 1887), p.355.
 9. Hale, Hale's War Rockets, op. cit., pp.7-8; Mémorial de Artillerie (Paris), No. VIII (1867), p. 403; Willy Ley, Shells and Shooting (New York, 1942), pp.214-15, 217; National Archives, Washington, D.C., Record Group 109, Confederate Ordnance Papers, Entry 39, Memorandum of Stores Ordered to Savannah from Augusta Arsenal, April 18, 1861; Dr. A.(lfred) Langhans, "Geschichtstafeln zu Gebeiten der Werhchemie," Zeitschrift für das gesamte Schiess und Sprengstoffwesen (Munich), Vol. XXXIII, December 1938, p.24; Osterreichisches Staatsarchiv-Kriegsarchiv to Frank H. Winter, June 6, 1968, Smithsonian Institution, National Air and Space Museum Library.
 10. William Hale, British Patent No. 1,103, April 20, 1865, "Rockets," pp.102; William Hale, British Patent No.1220, April 25, 1862, "Rockets"; William Hale, "Account of a New Mode of Propelling Vessels," Abstracts of the Papers Printed in the Philosophical Transactions of the Royal Society Proceedings, No.5, 1830-1832, Vol.III, 1832, p.48, and original paper (unpublished), Royal Society Library, London; William Hale,

- British Patent No. 5594, December 22, 1827, "Improvements in Propelling Vessels," and similar patents.
11. Brigadier C.F.G. Hogg, The Royal Arsenal (London, 1905), Vol. II, pp.1377, 1379; Army and Navy Journal (New York), Vol. XIV, February 10, 1877, p.426; Artilleriskii Zhurnal (St. Petersburg) 1869, No. 8, August, pp.105-126.
 12. Hale, Hale's Rockets, op. cit., pp.4-5; William Hale, British Patent No. 709, March 11, 1857, "Rolling Iron and Steel", and, British Patent No. 1510, May 27, 1857, "Rolling Iron and Steel"; W.O. Henderson, J.C.Fischer and his Diary of Industrial England 1814-1851 (London, 1966), p.118; Great Britain, War Office, Treatise, op. cit., p.179; Great Britain, War Office, Treatise on Ammunition (London, 1881), p.302.
 13. "Substitution de la Press Hydraulique au Mouton dans le Chargement des Fusées de Guerre," Journal des Armes Spéciales (Paris), Série 1, T.1, October 1834, pp.457-461; Joshua Burrows Hyde, American Patent No. 40,042, September 22, 1863, "Rocket Press."
 14. William Hale, Death Certificate of, Application No. 545605, General Register Office, Somerset House, London.

СОДЕРЖАНИЕ

TABLE DES MATIERES

Blagonravov A.A., Sokolsky V.N. (USSR). Main Orientations of Study in the History of Aviation and Cosmonautics.....	5
Blosset L. (France). Travaux de R.Esnault-Pelterie dans le domaine de la science et de technique de l'astronautique.....	19
Glushko V.P. (USSR). The Leningrad Gas Dynamics Laboratory (GDL) Contribution to the Development of Rocketry.....	30
Дудажов В.И. (СССР). Некоторые эксперименты начального этапа применения в авиации стартовых ракетных ускорителей.....	40
Emme E.M. (USA). The historiography of rocket technology and Space exploration	43
Essers I. (BRD). M.Valier, Ein Vorkämpfer der Weltraumfahrt.	61
Keller A. (Great Britain). Kepler, the art of flight and the vision of interplanetary travel as the next great invention	70
Кудрявцев В.М., Мошкин Е.К., Рутковский Н.Б. (СССР). Развитие теории жидкостных ракетных двигателей в СССР.....	79
Кузьменко С.Н. (СССР). К истории ракетного дела на Украине.....	82
Мелькумов Т.М. (СССР). Основные идеи в развитии авиационных двигателей в послевоенный период.....	87
Ordway F.I. (USA). The history, evolution and benefits of the space station concept (in the United States and Western Europe).	92
Orlowski B. (Poland). Some regularities and analogies in the social reception of pioneering technical achievements (exemplified by the beginnings of 18-th century aeronautics and the present day space penetration).....	133
Победоносцев Ю.А., Меркулов И.А. (СССР). Творческий вклад Ю.В.Кондратюка в теорию космических полетов.....	139
Раушенбах Б.В., Бирюков Ю.В. (СССР). С.П.Королев - основоположник практической космонавтики.....	147
Rot-Oberth E. (BRD). Über die Rolle Hermann Oberth's in der Entwicklung der Raketen- und Raumfahrttechnik.....	153
Sänger-Bredt I., Schäfer E. (BRD). Beiträge Eugen Sängers zur Entwicklung der Raumfahrt-Technik.....	162
Семенов В.А. (СССР). Принципиальные основы историко-научных исследований развития авиационной науки и техники.....	187
Sharp M. (USA). Rocketry in the Americas prior to world war I.....	192

Subotowicz M. (Poland). Development of the rocket technique and space research in Poland..	208
Swenson L.S. (USA). On the mixture of science and technology in the Apollo 8 circumlunar and the Apollo 11 lunar landing missions.....	226
Terzioğlu A. (Türkei). Handschriften aus dem Gebiet der Technik und Aerodynamik sowie der ersten Flugversuche im IX-XVII Jhd. im Islamisch-Türkischen Kulturbereich.....	246
Тихонравов М.К. (СССР). Роль К.Э. Циолковского в развитии ракетной и космической техники.....	256
Феокистов К.П. (СССР). Развитие советских пилотируемых космических кораблей.....	262
Шетинков Е.С., Воронков Ю.С. (СССР). Ф.А.Цандер. Его роль в развитии ракетостроения.....	278
Winter F.H. (USA). William Hale's rockets.....	282

ТРУДЫ XIII МЕЖДУНАРОДНОГО КОНГРЕССА ПО ИСТОРИИ ТЕХНИКИ

Секция XII

Утверждено к печати Институтом истории естествознания и техники АН СССР

Художественный редактор Н.Н.Власик
Технический редактор В.И.Дьяконова

Подписано к печати 1 /1У-74 г. Т - 03612
Усл.печ.л. 18,25. Уч.-изд.л. 18,25
Формат 60 x 90 1/16. Бумага офсетная № 1
Тираж 2500 экз. Тип. зак. 1265

Цена 1 р. 17 к.

Книга издана офсетным способом

Издательство "Наука", 103717 ГСП, К-62, Подсосенский пер., 21
1-я типография издательства "Наука". 199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12

1 р. 17 к.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»