

6  
А-59

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ  
НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ Ф. А. ЦАНДЕРА

---

БЕЛОВ БОРИС ЛЬВОВИЧ

**АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО  
ТВОРЧЕСТВА Ф. А. ЦАНДЕРА  
В ОБЛАСТИ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ**

Специальность 07.00.10 — История науки и техники.

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

МОСКВА — 1975

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

КОМИССИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ  
НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ Ф. А. ЦАНДЕРА

---

БЕЛОВ БОРИС ЛЬВОВИЧ

АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО  
ТВОРЧЕСТВА Ф. А. ЦАНДЕРА  
В ОБЛАСТИ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ

Специальность 07.00.10 — История науки и техники.

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



МОСКВА — 1975



629.19.1  
А 59

Работа выполнена в Комиссии АН СССР по разработке  
научного наследия Ф. А. Цандера

Научный руководитель  
доктор технических наук, профессор Е. С. Шетинков

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор В. В. Добронравов,  
кандидат технических наук Ю. И. Новокшенов

Ведущая организация — Московский ордена Ленина авиационный инсти-  
тут имени Серго Орджоникидзе.

Автореферат разослан „ 4 “ мая 1975 г.

Защита диссертации состоится „ 5 “ июня 1975 г.  
в 14 часов на заседании Объединенного ученого совета по общим  
проблемам истории техники при Институте истории естествознания  
и техники АН СССР, Москва, К-12, Старопанский пер., 1/5, 3-й этаж.  
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института.

Ученый секретарь совета — доктор технических наук А. А. Кузин



*А. А. Кузин*

Среди многообразия факторов, способствовавших осуществлению широкой программы освоения космического пространства, следует особо отметить результаты деятельности наших соотечественников, заложивших научные и практические основы космонавтики.

В первом ряду пионеров ракетной техники, чей подвижнический труд приблизил эру покорения Космоса, стоит имя замечательного ученого, энтузиаста межпланетных полетов Фридриха Артуровича Цандера (1887 — 1933).

С момента появления первых работ по истории науки и техники сформировалось достаточно самостоятельное направление исследований, посвященное разработке творческого наследия видных представителей отечественной научно-технической мысли. В плане тематической направленности настоящую диссертационную работу, посвященную анализу творчества Ф. А. Цандера в области ракетной техники, можно отнести к указанному типу историко-научных исследований.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и заключения.

Во введении, на основании критического анализа всех исследовательских работ о Ф. А. Цандере, были выявлены особенности этапов разработки его творческого наследия.

Результаты историографической части исследования позволили установить, наряду с прочими, следующие моменты, характерные для последних этапов разработки наследия ученого:

— расширение фронта исследовательских работ о Ф. А. Цандере в ряде случаев было обусловлено чрезмерной дифференциацией предметов исследований;

— внимание авторов большинства работ акцентировалось на результативном аспекте деятельности ученого, как правило, анализируемом лишь средствами конкретных научно-технических дисциплин без должного учета реального исторического контекста, в котором протекал сам процесс творчества.



Отмеченные выше негативные моменты в разработке наследия Ф. А. Цандера, а также то обстоятельство, что до настоящего времени не проводилось историко-научного исследования всего или наиболее значительной части его творчества, побудили нас к комплексному исследованию научно-технического творчества ученого, выполненному, с современных методологических позиций.

**В первой главе** излагаются постановка задачи исследования и основные принципы предложенного автором подхода к разработке наследия представителей научно-технической мысли. Существо этого подхода состоит в реализации совместного анализа особенностей процесса творчества с его результатами. Автором были разработаны в наиболее общем виде формализованные приемы обнаружения «особенностей» деятельности и уточнены условия применения каждого из приемов.

Исходя из достаточно очевидной связи особенностей процесса творчества с его результатами, представилось вполне обоснованным проведение исследования в следующем порядке:

— **в главе 2**, на основании общей характеристики научно-технического творчества Ф. А. Цандера, устанавливаются наиболее важные особенности деятельности ученого;

— **в главах 3, 4 и 5** анализируется результативный аспект творчества Ф. А. Цандера в различных областях ракетной техники, а **в главе 6** дается характеристика современного состояния реализации наиболее плодотворных идей и предложений ученого. Наряду с решением главной задачи исследования — анализом и оценкой результатов творчества Ф. А. Цандера — материалы этих глав призваны более аргументированно, на примере конкретных разработок ученого, проиллюстрировать причинную и содержательную сторону особенностей, отмеченных в главе 2. Такое построение работы дает возможность проследить при переходе от «общего» к «частному» устойчивость выделенных особенностей деятельности Ф. А. Цандера, а факт их формирования связывать с индивидуальными качествами ученого.

**Во второй главе**, на основании анализа материалов, характеризующих научно-техническое творчество Ф. А. Цандера, и условий, в которых протекала его деятельность, определено историческое место ученого в генезисе отечественной ракетно-космической науки и техники.

Анализ деятельности Ф. А. Цандера по созданию научно-практических основ отечественного ракетостроения позволил установить общую тенденцию его творчества, заключавшуюся в стремлении ученого к разработке вопросов практической

осуществимости межпланетного полета при современном ему уровне развития техники.

Не давая однозначно положительной оценки всем конкретным проявлениям этой тенденции, в диссертации особо подчеркивается ее решающая роль в формировании главной особенности научно-технического творчества Ф. А. Цандера, состоящей, по нашему мнению, в стремлении ученого к все-сторонней и тщательной проработке большинства решаемых им задач, в его желании и умении анализировать одновременно проблемы различного характера и порядка важности.

Одной из особенностей деятельности Ф. А. Цандера являлось тесное взаимодействие теории и эксперимента. В этом смысле его можно считать первым ученым в нашей стране, начавшим разработку основных проблем технико-биологического обеспечения дальнего космического полета на основе инженерно-экспериментальных методов.

Общая тенденция творчества ученого, с одной стороны, а с другой стороны, трудности, связанные с решением проблемы энергетики дальнего ракетного полета, обусловили еще одну из особенностей деятельности Ф. А. Цандера, выразившуюся в его стремлении к решению большинства технических задач с позиции максимального использования наличных ресурсов. Принцип экономичности был одним из наиболее важных среди тех, которыми руководствовался Ф. А. Цандер при проведении конкретных научно-практических разработок. Поэтому именно в настоящее время, когда проблема рентабельности полетов в космос стала одной из основных, многие из ранее казавшихся гипотетическими предположений ученого прорабатываются в перспективных технических проектах.

В работе показывается, что Ф. А. Цандер не был сторонником альтернативного подхода в выборе направлений решения сложных задач, но при этом специально отмечается как особенность его деятельности стремление к применению количественных методов в практике проектирования и отработки сложных технических систем.

Глубокие познания Ф. А. Цандера в различных научно-технических дисциплинах в совокупности с особенностями его творческой деятельности как нельзя лучше соответствовали требованиям «переходного» момента, ознаменовавшего начало в нашей стране нового, практического этапа в разработке ракетных аппаратов определенного класса.

**В третьей главе** анализируется результативный и деятельный аспекты творчества Ф. А. Цандера по разработке инженерно-теоретических основ проектирования и расчета реактивных летательных аппаратов и их двигательных установок.



Значительная часть теоретических разработок ученого была посвящена исследованию проблемы энергетического обеспечения дальнего космического полета. В работе показывается, что решение этой проблемы Ф. А. Цандер связывал с практической реализацией двух выдвинутых им идей:

— использования части металлоконструкций летательного аппарата в качестве дополнительного «резервного» горючего (идея «активного отброса»);

— применения на определенных этапах космического полета различных летательных аппаратов, технико-эксплуатационные характеристики которых соответствуют наиболее эффективной организации движения аппарата на отдельных участках траектории (идея «этапности»).

В § 1 третьей главы (§ 1.3) выдвигается и обосновывается ряд положений, характеризующих генезис идеи «этапности» и идеи «активного отброса». До настоящего времени не высказывалось никаких предположений относительно условий и технических мотивов выдвижения Ф. А. Цандером идеи «этапности», так удачно воплощенной им в проекте составного аппарата «самолет — ракета» (1924), в котором использовались различные двигатели, в том числе ВРД и ЖРД. В диссертации обосновывается тезис о том, что к выдвижению идеи «этапности» Ф. А. Цандер пришел в результате всестороннего аналитического исследования проблемы экономичности полета ракеты, снабженной двигателями прямой реакции.

Анализ расшифрованных Ю. В. Клычковым рукописных материалов, относящихся к раннему периоду творчества ученого, позволил внести достаточную определенность в дискуссионный вопрос о дате выдвижения Ф. А. Цандером идеи металлизированного топлива. В диссертации показано, что Ф. А. Цандер, выдвинув в 1909 г. идею «сжигания» металлоконструкций ЛА, по крайней мере в период 1909 — 1912 гг. отмечал лишь один положительный эффект «сжигания» — эффект увеличения запасов топлива на борту ракеты (резервный эффект). Особо отмечены вероятные причины, по которым ученый воздержался в период 1909 — 1912 гг. от указания на энергетический эффект реализации идеи «активного отброса», обусловленный применением металлизированного топлива.

Анализ теоретических исследований Ф. А. Цандера (1908 — 1912 гг.) способствовал установлению весьма примечательного факта самостоятельности выдвижения им (в рукописи 1912 г.) идеи отбрасывания в полете конструктивных элементов ракеты. В работе показывается, что к выдвижению этой фундаментальной идеи Ф. А. Цандер пришел в процессе поиска эффективных способов «минимизации» энергетических

затрат, необходимых для обеспечения подъема летательного аппарата на максимальную высоту. При решении этой задачи Ф. А. Цандер воспользовался своим излюбленным приемом — аналитическим описанием сложного явления, выполненным при допущениях, существенно упрощающих количественный анализ. Мысль о сбрасывании в полете «отработавших» элементов конструкций, обнаруженную в рукописных материалах 1912 г., можно по праву отнести к одной из самых ранних формулировок принципиального решения проблемы «минимизации» потребной энергетике летательного аппарата, которое нашло отражение в опубликованных значительно позже трудах зарубежных и отечественных пионеров ракетной техники.

Исследование проблемы энергетического обеспечения космического полета в творчестве Ф. А. Цандера было непосредственно связано с разработкой вопросов экономичности летательных аппаратов (ЛА) различных принципиальных схем. В § 1.3 подробно разбираются методы количественного анализа, которые применялись Ф. А. Цандером при оценке экономичности ЛА, снабженных различными двигателями: ЖРД, ВРД и ракетными двигателями, работающими на металлизированном топливе.

В § 2.3 дается характеристика исследований Ф. А. Цандера по разработке методики расчета основных параметров ЖРД. В теоретических работах Ф. А. Цандера нашли отражение вопросы проектирования и расчета различных типов двигательных установок (ДУ), причем особенно позитивные результаты были достигнуты им в разработке инженерной методики расчета ЖРД. Ценность указанной методики состояла не только в тщательной проработке отдельных вопросов, но и в осуществлении самого подхода Ф. А. Цандера к проектированию ЖРД как целостного объекта, объединяющего в себе специфическую тепловую машину и тяговый двигатель-исполнитель.

В диссертации особо отмечаются заслуги ученого в постановке и частичном решении вопроса о расчете процессов в ЖРД с учетом явлений диссоциации и рекомбинации и во внедрении в практику расчета ракетных двигателей графоаналитических методов, известных в специальной теплотехнике. Но Ф. А. Цандер не только применял результаты исследований отдельных проблем в прикладных науках к расчету ЖРД, но и выполнил теоретические исследования вопросов, в постановке и решении которых приоритет несомненно принадлежит ему. В этом плане отмечаются прежде всего его разработки по оценке основных параметров ракетных двигателей (РД), работающих на металлизированном топливе (§ 3.3.).



Выводы, к которым пришел Ф. А. Цандер в результате указанных исследований, далеко не равноценны. В целом, вряд ли их можно расценивать как особо позитивные с точки зрения исследования процессов гетерогенного горения. Однако, учитывая новизну проблемы, а также то обстоятельство, что только в творчестве Ф. А. Цандера нашли отражение вопросы оценки основных параметров РД, использующих металлизированное топливо, указанные разработки ученого следует расценивать как определенное достижение в теории ракетных двигателей соответствующего периода.

Особенно ценным итогом исследований Ф. А. Цандера по вопросам проектирования двигателей, работающих на металлизированном топливе, был вывод о том, что ощутимое повышение теоретического значения удельного импульса при применении металлизированного топлива может быть достигнуто только при соблюдении ряда определенных условий, характеризующих сам процесс сжигания топлива и истечения гетерогенной смеси продуктов сгорания.

Теоретические разработки Ф. А. Цандера по оценке параметров РД, работающих на металлизированном топливе, наглядно показывают его умение исследовать сложные явления на основе построения упрощенных моделей, допускающих количественные методы анализа. Последовательное стремление Ф. А. Цандера к внедрению количественных методов в практику проектирования двигателей показывается на примере деятельности ученого по составлению методической стоимостной оценки разработки двигателей, работающих на металлизированном топливе.

В целом же принцип экономичности, характерный для всего научно-технического творчества ученого, наиболее ярко проявился в разработке им проблем повышения экономичности ЖРД (§ 4.3).

Проблемы экономичности определяли характер многих общетеоретических и прикладных исследований Ф. А. Цандера. В § 4.3 подробно проанализированы как позитивные, так и негативные моменты, характеризовавшие его разработки по повышению экономичности ЖРД за счет определенного изменения термодинамического цикла работы двигателя. Несмотря на то, что результаты изысканий Ф. А. Цандера в указанном направлении можно расценивать лишь как относительно успешные (слишком проблематичной выглядит возможность технического воплощения некоторых выдвинутых им идей), показателен сам факт, что в то время как большинство исследователей видело свою задачу только в создании работоспособного ЖРД, Ф. А. Цандер проводил специальные, экспериментально-теоретические исследования по

проблемам повышения экономичности ракетных двигателей. Тот же факт, что спустя несколько десятилетий после выдвинутой им идеи осуществления в ЖРД круговых рабочих циклов последние стали предметом специального теоретического исследования (А. В. Квасников), сам по себе свидетельствует об определенной ценности теоретического анализа сложных термодинамических циклов в ЖРД.

В § 5.3 дается общая характеристика взглядов Ф. А. Цандера на проблему выбора ракетного топлива и подробно рассматривается вопрос о выдвинутой им идеи применения в РД металлизированного топлива. Анализ соответствующих разработок ученого позволил сделать вывод о том, что его подход к выбору ракетного топлива во многом был предопределен общей тенденцией его творчества. Это нашло выражение в том обстоятельстве, что предметом исследований Ф. А. Цандера был сравнительно небольшой круг топлив, обладающих максимальными энергетическими характеристиками. В отношении топлив, применяемых на ЛА традиционного типа (не использующих элементы конструкций в качестве компонента топлива), Ф. А. Цандер проблему выбора жидкого ракетного топлива в общем случае предлагал решать с учетом следующих моментов:

1. Применяемое топливо должно обладать наиболее высокими энергетическими показателями.
2. Обеспечение необходимых энергетических запасов на борту ЛА может быть достигнуто благодаря использованию на определенном этапе полета атмосферного воздуха.

В § 5.3 показано, что эти два момента достаточно четко прослеживаются в выборе Ф. А. Цандером кислород-водородного топлива как наиболее подходящего для осуществления дальних космических полетов. Сама по себе идея применения кислород-водородного топлива не принадлежит Ф. А. Цандеру. Особые выгоды от применения этого топлива в ЖРД были в общих чертах разобраны еще К. Э. Циолковским, с работами которого Ф. А. Цандер был безусловно знаком. В то же время его исследования по кислород-водородному топливу носили более обоснованный, количественный характер, что в конечном счете позволило ему более аргументированно обосновать эффективность этого топлива и провести расчет основных энергетических и конструктивных параметров кислород-водородного ЖРД с тягой 1,5 т.

В диссертации подробно проведено исследование историко-научного контекста, в котором Ф. А. Цандером была выдвинута идея «сжигания» металлоконструкций ЛА. Выдвинута и обоснована мысль о том, что формально допустимое (а для начального периода деятельности ученого просто обязательное) разделение предложения о «сжигании» металло-



конструкций на предложение об использовании их в качестве дополнительного «резервного» горючего и идею о применении металлизированного топлива является в значительной степени условным, поскольку с начала 20-х годов Ф. А. Цандер предлагал решать проблему энергетического обеспечения дальнего полета за счет применения металлизированного топлива, «приготавливаемого» из металлоконструкций ЛА во время полета.

Широкий круг исследований общетеоретического и прикладного характера был органично связан в творчестве ученого с экспериментально-практической деятельностью, к которой он приступил в конце 20-х годов.

В четвертой главе анализируется творчество Ф. А. Цандера в области проектно-конструкторской разработки летательных аппаратов и их двигательных установок.

В § 1.4 изложены материалы, характеризующие основные этапы разработки Ф. А. Цандером проекта межпланетного «корабля-аэроплана» (МКА). На основании анализа недавно опубликованных рукописных материалов архива ученого установлено, что, несмотря на то, что первые сведения о проекте МКА относятся к началу 20-х годов, Ф. А. Цандером уже в период 1909—1912 гг. была рассмотрена большая часть вопросов, техническое решение которых нашло свое воплощение в проекте МКА. Показано, что проект МКА, будучи одним из первых технических проектов конкретного ЛА, предназначавшегося для вылета за пределы земной атмосферы, явился итогом почти десятилетних целеустремленных поисков ученым технического решения основных проблем пилотируемого космического полета — проблемы энергетического обеспечения и проблемы надежности. Хотя проект МКА так и остался лишь проектом, причем для многих современников ученого весьма гипотетическим, работа над ним позволила Ф. А. Цандеру определить наиболее важные направления практической деятельности и сосредоточить главные усилия на создании опытного двигателя ОР-1.

В § 2.4 освещена деятельность Ф. А. Цандера по созданию его первого экспериментального двигателя ОР-1. ОР-1 являлся экспериментальным двигателем, тяга которого создавалась за счет реакции истечения продуктов сгорания, образующихся при сжигании двухкомпонентного топлива: газообразного воздуха и жидкого бензина.

Уже на ранней стадии практической деятельности, в частности при разработке ОР-1, организации и проведении на нем различных экспериментов, в деятельности ученого обозначились некоторые особенности, ставшие в последующем еще более заметными. В этой связи особо отмечается стремление Ф. А. Цандера к органичной связи количественных ме-

тодов проектирования с экспериментальной деятельностью. В § 2.4 показано, что при расчете основных параметров ОР-1 был проведен большой комплекс расчетов, среди которых значительное место занимали расчеты прикладного характера, в которых ученый пытался дать количественную интерпретацию ожидаемых результатов экспериментальных пусков. Конкретным расчетам по ОР-1 в свою очередь предшествовала углубленная проработка Ф. А. Цандером чисто теоретических вопросов, позволившая ему в отдельных случаях рационально построить расчетные схемы определения наиболее важных параметров.

ОР-1 по замыслу его конструктора должен был стать многоцелевой экспериментальной установкой, на которой можно было исследовать ряд вопросов прикладного характера. В этом плане показательна разносторонность тематики экспериментальных исследований, выполненных Ф. А. Цандером в объеме почти 60-ти огневых пусков ОР-1.

Специально отмечается характерная особенность деятельности Ф. А. Цандера при проектировании ОР-1, выразившаяся во внимании ученого к экономической (стоимостной) стороне проведения практических работ. Особую значимость экономического подхода Ф. А. Цандера к вопросам проектирования и изготовления ОР-1 придает то обстоятельство, что этот подход органично сочетался с его рациональным подходом к решению чисто технических задач. Примечательно, что уже в своем первом двигателе, т. е. в условиях недостаточного опыта в отработке сложных технических систем, Ф. А. Цандер в принципиально-конструктивную схему закладывает элементы, позволяющие наиболее полно использовать энергетические ресурсы двигателя. В диссертации отмечено, что в условиях недостаточно высокой отработанности двигателя, введение в его схему различных элементов, работоспособность и эффективность которых Ф. А. Цандер пытался исследовать, в ряде случаев усложняло решение основной задачи — отработку надежно действующего опытного двигателя и переход к проектированию жидкостного ракетного двигателя с параметрами, позволяющими практическое его использование на конкретном ЛА. Таким двигателем должен был явиться первый ЖРД конструкции Ф. А. Цандера, предназначавшийся для установки на пилотируемый ЛА.

В § 3.4 проанализирована деятельность Ф. А. Цандера по проектированию и экспериментальной отработке двигателя ОР-2. ОР-2 в том виде, в каком он был спроектирован Ф. А. Цандером, представлял собой типичную двигательную установку, точнее жидкостную ракетную двигательную установку самолетного типа.



Успешное решение проблем, возникших при разработке ДУ ОР-2, в значительной степени зависело от правильной методической направленности проведения работ на отдельных этапах разработки и, в частности, на проектно-конструкторском и экспериментально-доводочном. На примере проектирования и отработки ДУ ОР-2 показано, что существование методического подхода Ф. А. Цандера к проблеме разработки сложных технических систем состояло в стремлении к реализации комплексного экспериментально-теоретического подхода, в рамках которого, в отдельных случаях, им отдавалось предпочтение либо расчетно-теоретическим методам, либо экспериментальным. При этом в целом определение рационального соотношения теоретического и экспериментального начал в разработке ДУ ОР-2 не носило у Ф. А. Цандера альтернативного характера.

Выбору основных параметров ДУ ОР-2, а также его конструкторской разработке предшествовало проведение обширных расчетно-схемных проработок, выполненных в полном объеме Ф. А. Цандером самостоятельно. Переход к практической реализации проекта ДУ ОР-2 не мог не показать, что проведение доводки ДУ представляет собой вполне самостоятельный этап разработки, успешное проведение которого сопряжено с преодолением трудностей, неподдающихся всестороннему учету на стадии проведения проектно-конструкторских работ.

В этой связи особенно ценным представлялось выяснение основных положений, которыми предполагал руководствоваться Ф. А. Цандер на этапе экспериментальной отработки ДУ ОР-2. Соответствующие материалы были обнаружены автором в архиве ученого среди черновых рукописей. Сопоставительный анализ содержания этих материалов с практикой отработки ДУ, особенно на этапе огневых испытаний, которые проводились в отсутствие Ф. А. Цандера, показал, что процесс доводки ДУ ОР-2 существенно отличался от плана, изложенного им в упомянутой рукописи. Это обстоятельство затрудняет проведение оценки принципиально-конструктивных решений, заложенных в проект ДУ ОР-2 на основании итоговых результатов практической отработки двигателя.

Коллектив, проводивший проектирование и отработку модифицированного варианта ДУ ОР-2 (двигатель 02), успешно справился с задачей отработки ЖРД на криогенном топливе. В диссертации выдвигается и обосновывается тезис о том, что практика отработки двигателя 02, продемонстрировавшая достаточно высокий технический уровень разработчиков этого объекта, косвенным образом указывала на весьма большую вероятность успешной отработки упомяну-

тым коллективом ДУ ОР-2 при соблюдении основных принципов доводки, сформулированных Ф. А. Цандером.

В § 4.4 освещены материалы, характеризующие деятельность Ф. А. Цандера по разработке первоначальных вариантов ракеты 010.

На начальном этапе разработки ракеты 010 наиболее отчетливо обнаружился подход Ф. А. Цандера к разработке объектов целевого назначения: при вполне определенной постановке задачи, пути реализации которой вполне могли быть выбраны из реальных технических возможностей текущего момента, Ф. А. Цандер стремился апробировать ряд идей, которые имели непосредственное отношение к проблемам энергетического обеспечения дальнего космического полета. Так, при разработке проекта ракеты 010, тактико-технические данные которой были весьма умеренными, ученый обращается к проектно-технической проработке одной из основных своих идей — идее использования металлизированного топлива.

Указывая на недостаточную оправданность попытки разработки Ф. А. Цандером варианта ракеты 010, работающей на металлизированном топливе, в диссертации особо подчеркивается, что соответствующие расчетно-экспериментальные проработки ученого являлись органичным этапом его научно-технического творчества, связанным непосредственно с ранними исследованиями, начатыми еще в 1909 г.

В пятой главе проведен анализ результативного аспекта творчества Ф. А. Цандера по разработке проблем ракетодинамики.

До настоящего момента работы Ф. А. Цандера по динамике полета баллистических ракет вообще не освещались в многолетней практике разработки научного наследия ученого. Определенная сложность самих исследованных им вопросов, а также специфичность авторского изложения, побуждали нас к проведению подробного технического комментария соответствующих разработок Ф. А. Цандера. Упомянутые исследования ученого были посвящены решению проблем динамики полета баллистических ракет, основные характеристики которых соответствуют современным представлениям о классе баллистических ракет дальнего действия (БРДД).

Существование исследований Ф. А. Цандера по вопросам динамики полета БРДД составляло решение в достаточно полном объеме основной (прямой) задачи баллистики. В диссертации показано, что расчетно-теоретические разработки Ф. А. Цандера по динамике полета БРДД включали в себя решение большого комплекса вопросов по приложению эл-



липтической теории движения к расчету пассивного участка полета ракеты и исследованию технических условий осуществления межконтинентальных перелетов.

Последовательный подход ученого к решению основной задачи баллистики предопределил широкий круг вопросов, нашедший отражение в его работах по динамике полета БРДД. Основными результатами этих исследований являются:

1. Разработка расчетных схем определения геометрических и кинематических характеристик движения ракеты по оптимальным траекториям и траекториям «общего» типа.

2. Разработка расчетных схем для определения конструктивных параметров ракеты по данным баллистического расчета, проведенного для полета БРДД на дальности вплоть до 20000 км.

3. Определение возможности технического обеспечения дальних полетов с помощью одноступенчатой ракеты.

Проведенная в диссертации сравнительная оценка расчетных разработок Ф. А. Цандера с результатами соответствующих современных баллистических расчетов позволила сделать выводы:

— о хорошей сходимости расчетных значений основных параметров движения ракеты, определенных по расчетной схеме ученого и современной схеме;

— о возможности решения, с помощью выведенных Ф. А. Цандером соотношений, достаточно большого круга вопросов, решаемых в настоящее время на стадии проведения предварительного баллистического расчета.

В диссертации показано, что в отличие от Г. Оберта и Р. Эсно-Пельтри, в работах которых в различной степени решалась основная задача баллистики, разработки Ф. А. Цандера по динамике БРДД характеризовались более последовательной и глубокой инженерной интерпретацией результатов баллистического расчета.

Несмотря на то, что результаты исследований Ф. А. Цандера по динамике полета БРДД были опубликованы позже результатов соответствующих исследований Г. Оберта и Р. Эсно-Пельтри, проведенный историко-научный анализ позволил сделать вполне обоснованный вывод о полной самостоятельности разработки Ф. А. Цандером вопросов динамики полета БРДД. Более того, в архиве ученого автором были обнаружены рукописные материалы, на основании анализа которых установлено, что завершение исследований Ф. А. Цандера по отмеченной проблематике примерно совпадало по времени с началом развертывания подобных работ за рубежом (Г. Оберт, Р. Эсно-Пельтри).

В шестой главе излагаются материалы, призванные аргументировать тезис о перспективности идей и предложений, выдвинутых в свое время Ф. А. Цандером.

В процессе научно-практической деятельности в области ракетной техники Ф. А. Цандером были выдвинуты идеи, которые в несколько модифицированном виде прорабатываются в различных современных проектах и экспериментально-теоретических исследованиях.

Различные аспекты идеи ученого об использовании части металлоконструкций ЛА в виде горючего являются предметом современных экспериментально-теоретических разработок. Наиболее позитивные результаты практического характера достигнуты в настоящее время по освоению металлизированного топлива, с внедрением которого можно ожидать достаточно ощутимое повышение энергетических характеристик соответствующих типов ДУ.

В теоретическом плане ведутся широкие исследования по оценке эффективности реализации идеи «активного отброса» применительно ЛА, снабженных двигателями малых тяг. Ввиду особой выгоды осуществления идеи «активного отброса» при полетах ЛА с двигателями малых тяг, задачи составления оптимальных программ изменения массы ЛА «активным» методом выделались в самостоятельный раздел оптимизации параметров двигателей указанного типа.

Одновременно ведутся работы по оценке эффективности идеи «активного отброса» применительно к другим типам двигателей, в частности ГПВРД. Результаты этих исследований свидетельствуют об осуществимости процесса сжигания конструктивных элементов ЛА, выполненных из абляционных материалов.

Одной из самых плодотворных идей Ф. А. Цандера, наиболее полно отвечающей современной концепции освоения космического пространства, является идея «этапности» осуществления космического полета. Техническое воплощение этой идеи в проекте МКА во многом созвучно принципиальным решениям, прорабатываемым в современных проектах космических транспортных кораблей второго и третьего поколений. К наиболее перспективным предложениям, реализуемым в проектах космических транспортных кораблей, в свое время нашедших отражение в проекте цандеровского межпланетного корабля, следует отнести следующие:

— использование массово-энергетических ресурсов атмосферы (применение ВРД, оснащение ЛА аэродинамическими плоскостями);

— применение в маршевых ЖРД кислород-водородного топлива;



— осуществление горизонтального старта и посадки транспортных кораблей.

Главной предпосылкой, обусловившей особую перспективность большинства оригинальных идей Ф. А. Цандера в области ракетной техники, явилось стремление ученого к постановке и решению проблем, явно перераставших рамки «текущих» задач ракетостроения начала 30-х годов XX столетия. В этом стремлении Ф. А. Цандера наиболее ярко проявилось положительное влияние общей тенденции его научно-технического творчества.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. В диссертационной работе поставлена проблема разработки методологических принципов проведения целостного, всестороннего анализа творчества представителей научно-технической мысли и изложено существо одного из возможных подходов к разработке наследия творческой личности.

2. Выявлены совокупность особенностей творческой деятельности Ф. А. Цандера и общая тенденция его научно-технического творчества, состоявшая в последовательном стремлении ученого к разработке широкого круга практических вопросов, имевших непосредственное отношение к осуществлению космического полета при современном ему уровне техники. Определена решающая роль основной тенденции в формировании главной особенности творчества Ф. А. Цандера, выразившейся в комплексном подходе ученого к разработке большинства исследованных им проблем и в умении одновременно анализировать проблемы различного характера и порядка важности.

3. Реконструированы узловые моменты генезиса идеи «этапности» и идеи «активного отброса». Установлен факт самостоятельного выдвижения Ф. А. Цандером идеи «пассивного отброса» (1912), впоследствии нашедшей отражение в опубликованных работах пионеров ракетной техники и во многом определившей пути развития ракетостроения в направлении создания многоступенчатых летательных аппаратов.

4. Проанализированы все этапы развития идеи «активного отброса» от момента выдвижения (1909) до ее технической проработки в первоначальных вариантах ракеты 010 (1933). Установлен эволюционный характер представлений Ф. А. Цандера об оценке всех основных положительных эф-

фектов реализации сжигания металлоконструкций ракет.

5. Выявлен разносторонний характер подхода Ф. А. Цандера к разработке проблемы освоения металлизированного топлива. Показано, что в отличие от исследователей, которые ограничились лишь указанием на термохимический эффект сжигания некоторых металлов, Ф. А. Цандер аналитически обосновал необходимость соблюдения определенных условий, при которых можно было ожидать энергетический выигрыш от применения металлизированного топлива.

6. Определен основополагающий вклад Ф. А. Цандера в разработку количественных методов проектирования ракетных двигателей и создание первой методики расчета основных параметров ЖРД на уровне современных ему достижений в общетехнических и прикладных дисциплинах.

7. При проведении разработок целевого назначения сказалось негативное проявление основной тенденции творчества Ф. А. Цандера. При вполне определенной постановке технической задачи, пути решения которой могли быть выбраны из реальных возможностей текущего момента, Ф. А. Цандер, как правило, стремился апробировать идеи, непосредственно относившиеся к решению проблемы энергетического обеспечения космического полета. В условиях фиксированных сроков разработки конкретных объектов такой исследовательский подход не всегда выглядел логически оправданным.

8. Проведенный впервые анализ расчетно-теоретических разработок Ф. А. Цандера по ракетодинамике позволил выявить техническое существо исследованных им проблем и сделать вывод о значительности результатов, достигнутых ученым в решении основной задачи баллистики ракет дальнего действия. Установлен факт самостоятельности выполнения Ф. А. Цандером соответствующих исследований и определено историческое место ученого в создании основ теории полета БРДД.

9. Показано, что ряд идей, выдвинутых в свое время Ф. А. Цандером, является предметом современных экспериментально-теоретических исследований. Наиболее плодотворной идеей ученого, особенно перспективной с точки зрения реализации в космических программах недалекого будущего, является идея «этапности» осуществления космического полета. Техническое воплощение этой идеи в проектах транспортно-космических кораблей второго и третьего поколений во многом созвучно принципиально-конструктивным решениям, нашедшим отражение в проекте межпланетного «корабля-аэроплана» конструкции Ф. А. Цандера.



Основные положения и результаты исследования доложены на Чтениях, посвященных разработке научного наследия Ф. А. Цандера, и научных конференциях аспирантов и младших научных сотрудников ИИЕиТ АН СССР.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Характеристика творческого стиля как аспект разработки наследия представителей научно-технической мысли (к анализу творчества Ф. А. Цандера). — В сб.: «Из истории авиации и космонавтики», вып. 16, М., 1972.
2. Проблема космического полета в раннем творчестве Ф. А. Цандера. — В сб.: «Из истории авиации и космонавтики», вып. 21, М., 1973.
3. К характеристике творческого стиля Ф. А. Цандера. — В сб.: «Труды вторых чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей Ф. А. Цандера». Секция «Исследование научного творчества Ф. А. Цандера». М., 1974.
4. Ф. А. Цандер и современная космонавтика. — В сб. «Труды вторых чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей Ф. А. Цандера». Секция «Исследование научного творчества Ф. А. Цандера». М., 1974.
5. Вопросы динамики полета ракет в творчестве Ф. А. Цандера. — В сб.: «Труды третьих чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей Ф. А. Цандера». Секция «Исследование научного творчества Ф. А. Цандера». М., 1974.
6. Характеристика этапов разработки творческого наследия Ф. А. Цандера. — В сб.: «Из истории авиации и космонавтики», вып. 25, М., 1975.