

ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ АКАДЕМИКА В.П. ГЛУШКО

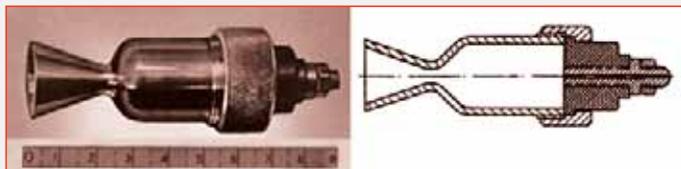
(К 110-Й ГОДОВЩИНЕ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Игорь Александрович Арбузов
Вячеслав Фёдорович Рахманин, канд. техн. наук
Владимир Сергеевич Судаков
Владимир Константинович Чванов, докт. техн. наук

Валентин Петрович Глушко родился 2 сентября 1908 года в Одессе. Он является одним из пионеров ракетно-космической техники, основоположником отечественного ракетного двигателестроения. Глушко - академик АН СССР, дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, дважды лауреат Государственной премии СССР, кавалер пяти орденов Ленина, Золотой медали К.Э.Циолковского АН СССР, почетный гражданин городов Казани, Калуги, Ленинска, Одессы, Приморска, Химок, Элисты.

Жизнь и деятельность В.П. Глушко - пример гражданского и научного подвига. Плеяда отечественных пионеров ракетной техники, начавших практические работы в области жидкостных ракет - Цандер, Королев, Тихонравов, Победоносцев - пришли в ракетную технику из авиации, уже имеющими опыт конструкторской работы. И только Глушко практически с подросткового возраста под влиянием произведений Жюль Верна, работ К.Э. Циолковского и переписки с ним определил основную цель жизни - осуществление межпланетных полетов. Вот слова юного Глушко, написанные им в письме Циолковскому в 1924 году: *"Относительно того, насколько я интересуюсь межпланетными сообщениями, я Вам скажу только то, что это является моим идеалом и целью моей жизни, которую я хочу посвятить для этого великого дела"*.

Глушко оставался верным этому обещанию всю свою творческую жизнь. Завершая в 1928 г. учебу в Ленинградском университете, он избрал темой дипломной работы проект космического корабля "Гелиоракетоплан" с электротермическим двигателем. Представленный весной 1929 г. в ленинградский филиал комитета по изобретениям проект двигателя получил положительные отзывы профессора Шулейкина из управления связи РККА и инженера-химика Тихомирова, начальника Газодинамической лаборатории (ГДЛ). Тихомиров предложил Глушко приступить к технической реализации проекта его двигателя, и с 15 мая 1929 г. Глушко стал штатным сотрудником ГДЛ. Под его техническим руководством небольшой коллектив конструкторов-исследователей вел разработку конструкции и экспериментальные испытания в лаборатории ленинградского Физико-технического института. В результате этих работ была получена работоспособная рабочая модель первого в мире электротермического ракетного двигателя.



Электротермический ракетный двигатель, разработанный В.П. Глушко в ГДЛ

В то же время эти работы показали, что нет реальной возможности обеспечить двигатель достаточным электропитанием ни на земле, ни, тем более, на борту космического аппарата. Идея создания электротермического двигателя опережала технические возможности, и работы были прекращены. Да и разработка двигателя для перемещения в космическом пространстве опережала естественный ход развития космической техники. Прежде, чем летать в космосе, необходимо было иметь двигатель, способный преодолеть силу земного притяжения. По такому двигателю имелись теоретические идеи в трудах Циолковского, хорошо известных Глушко. И он в начале 1930 года переключается на создание жидкостной ракетной техники.



В.П. Глушко в годы работы в РНИИ

На начальном этапе истории ракетостроения главной задачей при создании жидкостной ракеты являлось разработка конструкции двигателя, работоспособного в течение нескольких десятков секунд. И Глушко начинает с разработки лабораторных модельных ЖРД, получивших наименование ОРМ (опытный ракетный мотор), объединяющее все семейство двигателей, разрабатываемых Глушко в 30-х годах.

Первые же проведенные в нашей стране летом 1931 г. испытания ЖРД показали, что требуется тщательное изучение происходящих

в камере ОРМ физико-химических процессов. Научно-технические вопросы, возникающие при создании ЖРД, опережали уровень научных достижений начала 30-х годов XX века в термодинамике, теплопередаче, химической кинетике, металлургии, механике и ряде других наук. Необходимость обеспечения работоспособности камеры сгорания ЖРД при температуре горения топлива около 3000 °С в сочетании с давлением химически активной газовой среды в десятки атмосфер в течение нескольких десятков секунд требовала как создания новых расчетных методик, так и проведения натурных опытов.

Проведя первые исследовательские работы, Глушко особое внимание уделяет получению высокого значения удельного импульса тяги. В этих исследованиях он использует различные химические вещества: в качестве окислителя - жидкий кислород, азотный тетроксид, азотную кислоту, растворы азотного тетроксид в азотной кислоте, тетронитрометан, перекись водорода, хлорную кислоту; в качестве горючего - бензин, толуол, керосин, бериллий. Тогда же он предложил способы повышения эффективности топлив для ЖРД увеличением их плотности путем глубокого охлаждения и введением тяжелой инертной примеси, а также трехкомпонентное топливо - кислород с водородом и бериллием.

Как показало дальнейшее развитие ракетно-космической техники, особенно, когда она вышла на практическое создание боевых и космических ракетных комплексов, для России с ее высокоширотным расположением космодромов высокий удельный импульс имеет стратегическое значение. Российские ракеты могут быть конкурентоспособными с зарубежными только при высоких удельных импульсах маршевых двигателей.

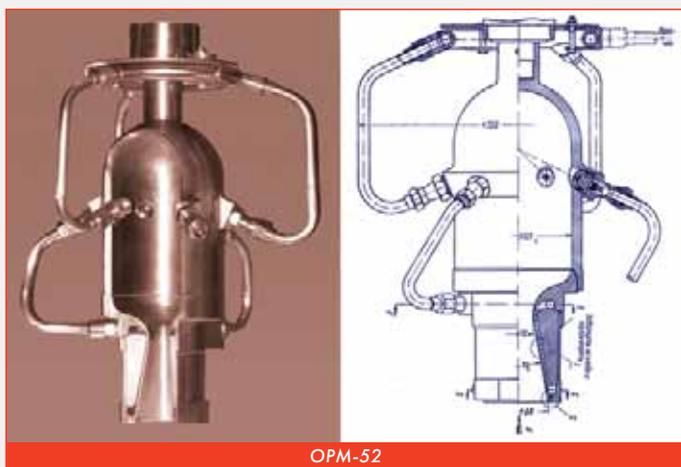
Различные компоненты топлива требовали применения различных способов зажигания при запуске. В своих исследованиях Глушко использовал как уже известные способы: воспламенение от электроискры или от электромостика накаливания, так и впервые им примененные: от пороховой шашки или химзажигание пусковым горючим. Последние два способа широко вошли в практику ракетостроения.

Следующим шагом к созданию ракетного двигателя стали поиски работоспособной конструкции камеры сгорания. Одной из первых работ стало определение эффективного экспоненциального профиля сверхзвуковой части сопла. До этого во всех известных теоретических работах рекомендовалось выполнять эту часть сопла конусной, различными предлагались только углы конусности.

Серия ОРМ, разработанных в 1931 г., предназначалась для проверки различных вариантов конструкции. Первые камеры ОРМ, по аналогии с пороховыми двигателями, не имели наружного охлаждения. Их работоспособность должно было обеспечивать теплозащитное покрытие. Из проверенного ряда покрытий наилучшие результаты показало керамическое покрытие из двуокиси циркония, нашедшее широкое применение в последующей практике ракетостроения. Однако ограничиться только теплозащитным покрытием не удалось, потребовалось введение дополнительного охлаждения. Примененное наружное оребрение стенки по типу воздушного охлаждения поршневых двигателей оказалось малоэффективным, пришлось оребренную стенку охлаждать потоком компонента топлива. Так в 1933 г. впервые появилась конструкция тракта регенеративного охлаждения камеры ЖРД, состоящая из оребренной внутренней и гладкой наружной стенок. В наиболее теплонапряженных участках камеры стенка имеет спиральное оребрение. Выбранная конструкция и места установки центробежных форсунок создавали дополнительное охлаждение стенки внутренней топливной завесой. Внутренне охлаждение также впервые было применено в отечественной конструкции камер ЖРД.

Результаты цикла испытаний камер однотипной конструкции на топливах азотная кислота + керосин и жидкий кислород + керосин показали лучшую работоспособность внутренней стенки камеры при работе на первом топливе. В этот же период было установлено, что среди высококипящих окислителей азотный тетроксид дает наиболее высокий удельный импульс тяги, но в связи с отсутствием его промышленного производства в СССР, дальнейшие работы проводились с азотной кислотой в качестве окислителя.

Кроме экспериментальных исследований Глушко выполнил ряд расчетно-проектных работ, которые не получили завершения изготовлением матчасти. Так, в 1932 г. были разработаны чертежи турбососного агрегата с центробежными насосами и приводом турбины газом, отбираемым из камеры сгорания, а также выполнен проект ракеты РЛА-100 (ракетный летательный аппарат с высотой подъема 100 км) с карданным подвесом ЖРД тягой 3 тс. Для стабилизации полета ракеты предусматривалась установка гироскопов. Особенности старта и управления полетом ракеты РЛА-100 предполагалось отработать при пусках экспериментальных малоразмерных ракет РЛА-1, РЛА-2 и РЛА-3 с двигателем ОРМ-52 тягой 300 кгс.

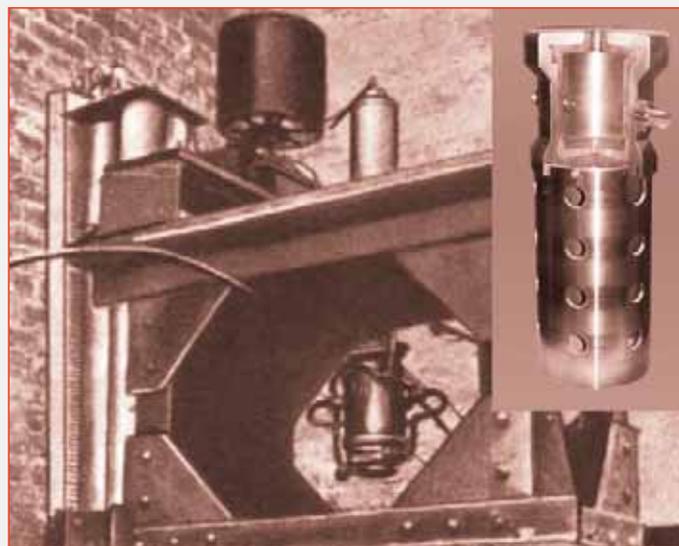


ОРМ-52

Этот двигатель, а также двигатель ОРМ-50 тягой 150 кгс, предназначенный для установки на ракету "05" конструкции ГИРД, прошли в 1933 г. первые в СССР официальные статочные огневые испытания под контролем межведомственной комиссии с выпуском соответствующего акта.

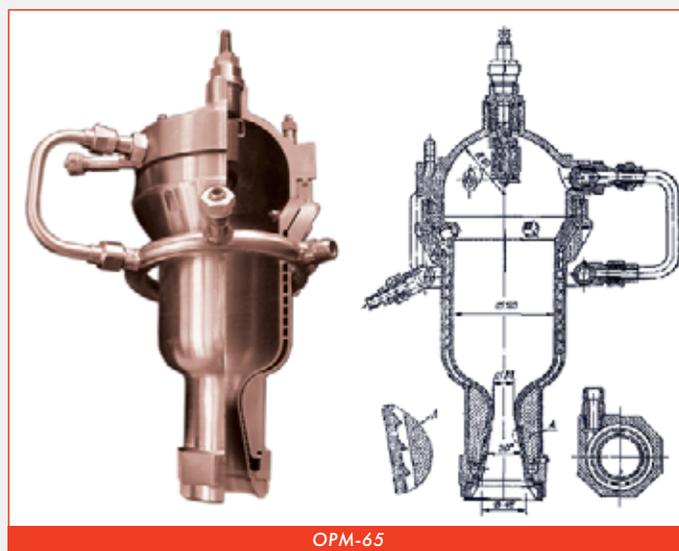
Значительным событием в развитии ракетостроения в нашей стране стала организация в октябре 1933 г. первого в мире Реактивного научно-исследовательского института (РНИИ) путем объединения творческих коллективов ГДЛ и ГИРД. В РНИИ Глушко возглавил сектор по разработке ЖРД на азотнокислотном топливе.

За время работы в РНИИ с января 1934 г. по март 1938 г. под



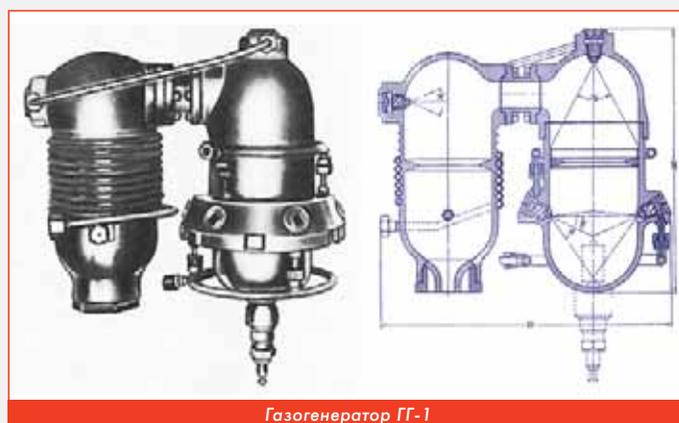
ОРМ-50 и стенд для его испытаний

руководством Глушко была спроектирована серия двигателей от ОРМ-53 до ОРМ-102, из них наибольшую известность получил ОРМ-65 с регулируемой тягой от 50 до 175 кгс, давлением газов в камере сгорания 24 атм, удельным импульсом тяги 210 сек. Этот двигатель предназначался для крылатой ракеты "212" и ракетоплана РП-318 конструкции Королева. Двигатель обладал высокой работоспособностью: один экземпляр ОРМ-65 отработал на стенде около 50 пусков при суммарной наработке более 30 минут.



ОРМ-65

В этот же период под руководством Глушко были разработаны и испытаны первые в стране газогенераторы ГГ-1 и ГГ-2, работающие на азотной кислоте и керосине с балластировкой водой. Длительность испытания газогенератора определялась емкостью стеновых баков, суммарное время работы ГГ-1 составило около 2-х часов.



Газогенератор ГГ-1

Кроме выполнения конструкторских работ, Глушко успешно ведет изобретательскую деятельность, получает свидетельства об изобретениях, а также публикует ряд статей в сборнике "Ракетная техника", читает лекции в Военно-воздушной инженерной академии, выступает с докладами на внутриинститутских и всесоюзных конференциях, вместе с Лангемаком пишет книгу "Ракеты, их устройство и применение".

В сентябре 1937 г. Глушко исполнилось 29 лет, из них 8 лет он успешно занимается любимым делом, с каждым годом он все глубже постигает особенности создания ЖРД. В конце 1937 - начале 1938 года им были разработаны ОРМ-101 и -102, отличающиеся от предыдущих разработок функциональным совершенством и конструктивным изяществом. И в это время произошел резкий поворот в его жизни. В марте 1938 г. по ложному обвинению в участии в антисоветской организации Глушко был арестован.



В процессе следствия он был подвергнут физическому и моральному насилию и вынужден был признать сфабрикованные следователем обвинения. Его обращения к Вышинскому, Ежову, Берия, Сталину с просьбами объективно рассмотреть его дело не дали положительного результата и 15 августа 1939 г. Особое совещание при НКВД вынесло приговор - 8 лет в исправительно-трудовом лагере. Однако, как специалист в области оборонной промышленности, Глушко был направлен в спецтюрьму 4-го Спецотдела НКВД. В начале это была спецтюрьма при Тушинском авиазаводе, где Глушко разработал чертежи газогенератора ГГ-3, а затем, на базе ОРМ-65, ракетный ускоритель для самолетов С-100 и Сталь-7, позволяющий увеличить скорости полета на 80 и 160 км/ч. Для дальнейшей разработки ускорителей для авиации Глушко осенью 1940 г. был переведен в спецтюрьму при казанском авиадвигательном заводе.

В Казани Глушко во главе группы заключенных инженеров и техников ведет разработку двигателя РД-1, работающего на топливе азотная кислота и керосин. В начале 1942 г. группа реорганизуется в КБ в составе ОКБ-16 4-го Спецотдела НКВД. В КБ под техническим руководством Глушко работают также заключенные профессор Жирицкий, Страхович, Гаврилов, Пазухин, инженеры Севрук, Витка, Лист, Уманский, Желтухин, Шнякин и др. В августе 1942 г. Казанскую спецтюрьму посетили В.М. Болховитинов и А.М. Исаев. По воспоминаниям Исаева, именно это знакомство с Глушко и его работами окончательно убедило Исаева в возможности создания ЖРД, и он принял решение посвятить этому делу всю свою жизнь.

В ноябре 1942 г. по ходатайству Глушко в Казань из Омска был переведен также находящийся в заключении Королев, которому поручили возглавить работы по интеграции двигателя РД-1 с самолетом Пе-2. Летные испытания Пе-2 с двигателем РД-1 начались 1 октября 1943 г. Главной сложностью при летных испытаниях являлась отработка зажигания топлива на высотах более 3,5 км. Проблема была решена введением химзажигания от пускового горючего. Двигатель в таком исполнении получил обозначение РД-1ХЗ.

Двигатели РД-1 и РД-1ХЗ прошли цикл летных испытаний на истребителях Ла-7, Як-3, Су-7 и бомбардировщике Пе-2. Максимальное прибавление скорости у самолета Як-3 составило 182 км/ч.



Жидкостный ракетный двигатель РД-1ХЗ на самолете Ла-7Р

Достигнутые успехи в разработке военной техники были высоко оценены: 27 июля 1944 г. по представлению НКВД Глушко и его ближайшие сотрудники - Севрук, Жирицкий, Королев, Лист, Витка и другие были досрочно освобождены со снятием судимости. Бывшие заключенные составили творческое ядро вновь организованного ОКБ реактивных двигателей во главе с главным конструктором Глушко и его заместителями Севруком, Жирицким и Королевым. В сентябре 1945 г. руководящий состав ОКБ-РД за разработку военной техники получил государственные награды: Глушко и Севрук - ордена Трудового Красного Знамени, остальные - Витка, Королев, Лист, Шнякин ордена "Знак Почета".

После окончания Великой Отечественной войны советские инженеры направлялись в Германию для изучения трофейной военной техники. Глушко с инженерами ОКБ-РД выехал в Германию в июле 1945 г. и с небольшими перерывами находился в командировке до ноября 1946 г. За это время сотрудники ОКБ-РД разыскали конструкторскую и технологическую документацию, а также технологическую оснастку для производства двигателей ракеты А-4, отладили огневой стенд для испытаний камер этого двигателя и получили опыт практической работы на стенде, обнаружили несколько полностью собранных двигателей и ряд разрозненных узлов и агрегатов, пригодных для сборки еще нескольких двигателей. Этими работами руководил Глушко, возглавивший в Особой правительственной комиссии отдел по жидкостным двигателям.

Обобщая опыт и состояние дел с разработкой ракетной техники в Германии, Глушко направил две докладные записки: председателю Особой правительственной комиссии Гайдукову 23 ноября 1945 г. и министру вооружений Устинову 31 мая 1946 г. В них он изложил программу создания в СССР ракетной промышленности, а также предложил свою кандидатуру на должность главного конструктора ОКБ ракетных двигателей с подчинением опытного завода по производству этих двигателей. Многие из предложенного Глушко вошло в Постановление СМ СССР от 13 мая 1946 г. и ряд последующих постановлений.

В июле 1946 г. Глушко был назначен главным конструктором ОКБ при авиационном заводе № 456 в г. Химки. Туда же перевели из Казани коллектив ОКБ-РД. Вновь организованное предприятие получило задание воспроизвести из отечественных материалов двигатель ракеты А-4 и создать техническую основу для проектирования новых двигателей. Работая в сложных бытовых условиях, коллективы ОКБ и завода успешно справились с поставленной задачей: в мае 1948 г. на вновь построенном огневом стенде в Химках провели первое огневое испытание первого экземпляра двигателя РД-100. В течение 3-х лет: с 1948 по 1951 годы был разработан форсированный по тяге с 26 до 37 тс двигатель РД-101. Следующий форсированный по тяге до 44 тс двигатель РД-103 обеспечил даль-

ность полета ракеты Р-5 до 1200 км. Надежность этой ракеты позволила установить на нее ядерную боеголовку. За эту разработку ОКБ-456 в апреле 1956 г. было награждено орденом Трудового Красного Знамени, Глушко удостоен звания Героя Социалистического Труда, ряд работников ОКБ и завода получили государственные награды.

Успешное создание ракеты Р-5 позволило поставить перед ее разработчиками задачу о создании межконтинентальной боевой ракеты с ядерной боеголовкой. Разработку двигателей для такой ракеты поручили ОКБ Глушко. К этому времени в ОКБ-456 была разработана конструкция паяно-сварной камеры сгорания, способная надежно работать при больших давлениях и обеспечивать любую тягу в пределах технической целесообразности. С поставленной задачей коллективы ОКБ и завода успешно справились. 15 мая 1957 г., через 3 года после получения техзадания на разработку двигателя, состоялся первый пуск ракеты Р-7, в августе того же года - первое успешное летное испытание, а 4 октября 1957 г. - этой же ракетой на околоземную орбиту выведен первый искусственный спутник Земли. За успешную разработку двигателей ракеты Р-7 Глушко был удостоен звания лауреата Ленинской премии.

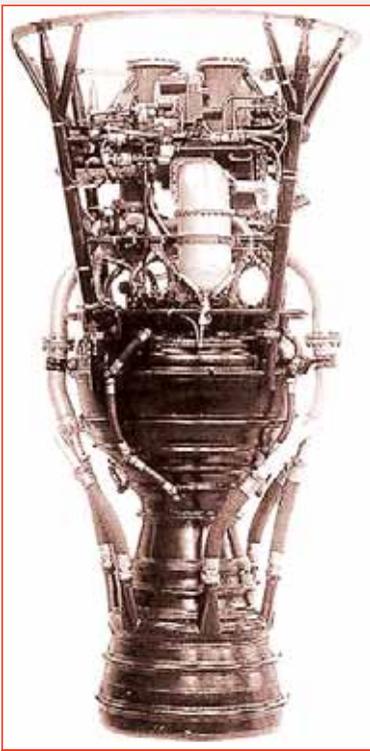
За выдающийся научно-технический вклад в теорию и практику отечественного двигателестроения Глушко в 1958 г. избирается действительным членом Академии наук СССР.

В 1961 г. за заслуги в создании образцов космической техники, обеспечившей полет Гагарина, ему вторично присвоено звание Героя Социалистического Труда, ОКБ-456 награждено орденом Ленина, работники ОКБ и завода получили государственные награды.



А.Г. Николаев, Г.С. Титов, В.П. Глушко, П.Р. Попович, Ю.А. Гагарин

С запуска первого спутника в истории человечества началась космическая эра, а в нашей стране - бурное развитие ракетостроения. Усложнение задач в области космических исследований потребовало создания более мощных ракет-носителей. Руководством ОКБ-52 во время разработки баллистической ракеты УР-200 было принято решение о создании на ее основе тяжелой ракеты УР-500, которая в пять раз превышала бы по грузоподъемности исходную ракету. В 1961 году после посещения ОКБ-456 генеральным конструктором ОКБ-52 В.Н. Челомеем, конструкторы химкинского



РД-103

предприятия во главе с Глушко приступили к созданию двигателя для первой ступени этой ракеты. Он получил обозначение РД-253.

Основная идея Глушко заключалась в создании мощного однокамерного двигателя с тягой не менее 100 тс, работающего по схеме с дожиганием генераторного газа. Это позволяло поднять давление в камере сгорания до 150 атм и обеспечить на компонентах азотный тетроксид + несимметричный диметилгидразин удельный импульс тяги у Земли не менее 285 кгс·с/кг. Поскольку новый двигатель не имел карданного подвеса, было решено построить двигательную установку первой ступени из четырех неподвижных ЖРД разработки ОКБ-456 в центре и четырех качающихся РД-0204 разработки воронежского ОКБ-154, которые должны были обеспечить управление ракетой.

Однако позже по предложению Челомея Глушко изменил конструкцию двигателя, перекомпоновал его и установив узел подвеса для управления вектором тяги. Таким образом поменялась концепция первой ступени УР-500: теперь на ней стояли шесть качающихся РД-253. Это позволило увеличить тягу двигательной установки на 12,5 %.

Летные испытания УР-500 проводились с 1965 по 1966 годы. Во время четырех пусков на орбиту было выведено три тяжелых спутника серии "Протон". Двигатели РД-253 отработали без замечаний.



РД-253 на первой ступени УР-500

Использование топливной пары "АТ + НДМГ" было применено Глушко при разработке двигателей первой и второй ступеней для нового боевого ракетного комплекса Р-36. Это позволило значительно увеличить удельный импульс тяги и обеспечило высокую полноту сгорания топлива. На первой ступени ракеты был установлен

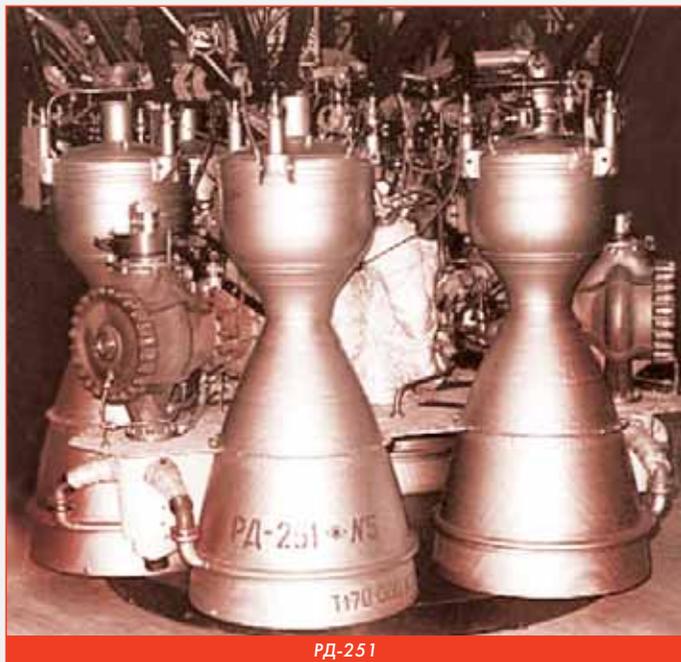


Р-36

РД-251, состоявший из трех двухкамерных блоков РД-250, а на второй - РД-252, по своей конструкции аналогичный двухкамерному двигателю первой ступени. Съемный хвостовой отсек значительно повысил технологичность конструкции. На корпусе хвостового отсека расположен турбонасосный агрегат рулевого двигателя. Здесь же смонтированы магистрали питания и автоматика управления. В полете каждая камера поворачивается только в одной плоскости.

Работы по Р-36 шли ускоренными темпами. Хотя двигатели еще не прошли весь цикл огневых испытаний, конструкторскую докумен-

тацию передали на серийный завод Южмаш, чтобы сократить время начала серийных поставок двигателей для сборки ракет. Неожиданно при огневых испытаниях на стендах в Днепропетровске в некоторых случаях стала возникать высокочастотная неустойчивость в камерах сгорания двигателей, что приводило к их разрушению. Для устранения проблемы подключились сотрудники отраслевых институтов. Решение нашли в самом ОКБ-456: путём введения дополнительного сопротивления в гидравлический тракт камер двигателя РД-250 и нанесения термостойкого керамического покрытия на внутреннюю стенку сопла камеры РД-252 удалось исключить появление высокочастотной неустойчивости. Боевой ракетный комплекс Р-36 был принят на вооружение в июле 1967 года.



РД-251

Следующая разработка КБЭМ под руководством Глушко - двигатели для семейства ракет, получивших по классификации НАТО наименование "Сатана". За разработку двигателей предприятие было награждено орденом Октябрьской революции, зам. главного конструктора В.П. Радовский удостоен звания Героя Социалистического Труда, многие работники получили государственные награды.

С 1946 до 1974 г., когда Глушко был назначен генеральным конструктором и директором НПО "Энергия", под его руководством в Энергомаше разработаны и сданы в эксплуатацию высокоэффективные двигатели, установленные на 19 боевых ракетах, причем на семи из них на I и II ступенях, и на 15 космических ракетах, из них на девяти на I и II ступенях.

Все двигатели объединяет единая характеристика - предельно высокая экономичность. И в то же время каждый двигатель имел элементы новизны. Это и камера сгорания, имеющая все силовые детали из титанового сплава, и полученный удельный импульс тяги в 352 с, рекордный для ЖРД открытой схемы, и однокомпонентный газогенератор, работающий на термическом разложении НДМГ, и пусковые бачки для запуска двигателя, и "пушечный" запуск кислородного двигателя в шахте, и бесстартерный запуск двигателя, и качающиеся основные камеры маршевого двигателя, и весь качающийся двигатель, и сферическая форма силовой оболочки 2-х компонентного газогенератора, и модульная компоновка двигательной установки I ступени, и компоновка двигателей в 2-х камерном и 4-х камерном вариантах, и применение в качестве окислителя азотного тетроксидов и жидкого фтора, а в качестве горючего - соответственно НДМГ и аммиака. Много проектных разработок осталось невостребованными.

Что касается ракетного топлива, то, как уже говорилось, Глушко с первых лет работы по жидкостной ракетной тематике уделял большое внимание подбору эффективного топлива, это

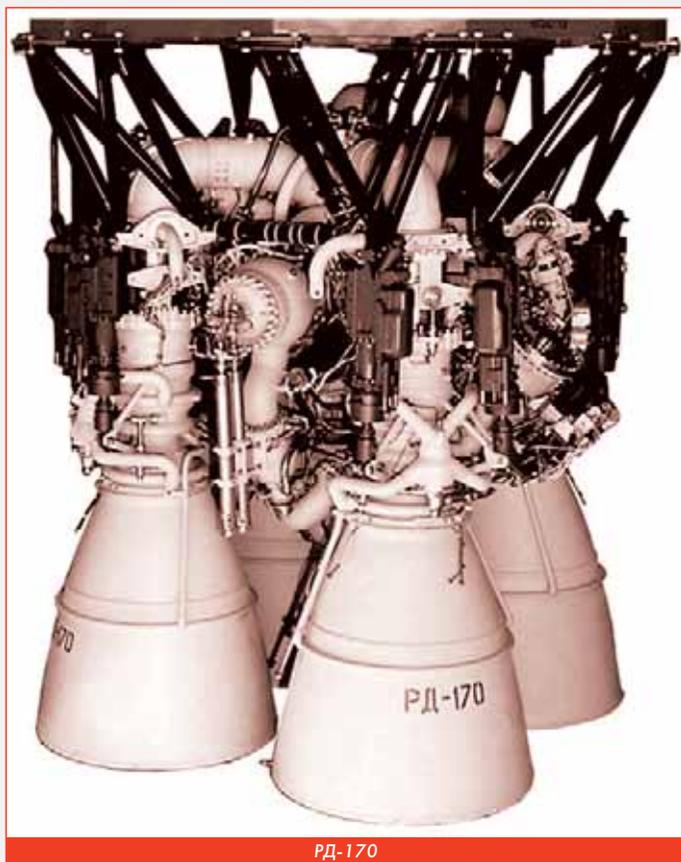
было одно из научных направлений его деятельности. Он не замыкался на использовании одного топлива, даже имеющего хорошие энергетические характеристики. При выборе топлива Глушко тесно увязывал потенциальную энергию, удельную массу и эксплуатационные свойства химических веществ. В середине 70-х годов, став генеральным конструктором и директором НПО "Энергия", Глушко принял решение использовать на второй ступени ракеты "Энергия" двигатель, работающий на водородном горючем. Известно, что в течение 30 - 50-х гг. Глушко был солидарен с мнением Циолковского, который еще в 1933 г. в работе "Топливо для ракеты" так охарактеризовал применение водорода: "Водород не годен по малой плотности и трудности хранения в жидком виде". Однако научно-технические достижения последующих лет позволили пересмотреть отрицательное отношение к использованию водорода, и Глушко стал первым отечественным ракетчиком, создавшим ракету на водородном горючем.

Все годы развитие ракетной техники шло по пути повышения технических характеристик ракет для решения новых, более сложных научно-технических задач, а это вело к большим финансовым и временным затратам. И одной из наиболее затратных статей в плане создания ракеты является разработка двигателей. Анализ отечественной истории создания ракет показал, что практически для каждой новой ракеты разрабатывается новый двигатель со всеми вытекающими из этого затратами. Сделав такой анализ, Глушко в конце 60-х годов разработал программу создания последовательного ряда космических ракет, основанного на количестве устанавливаемых модульных двигателей. Так, ракеты легкого класса имеют на I ступени 1 модульный двигатель, среднего класса - 2 - 3 двигателя, тяжелого класса - 4 и более двигателей. Единоразово отработанный на стенде и в лете модульный двигатель потом с минимальными переделками и контрольными испытаниями используется на новой космической ракете.

Он предложил применить на практике разработанный им принцип создания ряда космических ракет с использованием унифицированного модульного двигателя. В 1974 г. эта программа была принята, для ее осуществления было организовано НПО "Энергия", куда вошли ЦКБЭМ и КБЭМ с заводами и филиалами. Этот принцип удалось реализовать при создании ракеты-носителя тяжелого класса "Энергия" и легкого класса "Зенит", на первых ступенях которых были установлены соответственно четыре двигателя РД-170 и один двигатель РД-171. В 1976 г. на нашем предприятии началась разработка двигателей для РН "Энергия" и "Зенит". Это были двигатели нового поколения, они должны были в первую очередь удовлетворять требованиям по обеспечению пятикратного запаса по ресурсу и числу включения сверхполетного ресурса двигателя. Это означало, что с учетом двух контрольно-технологических испытаний (основного и резервного) каждый двигатель должен иметь семикратный запас по ресурсу и числу включений без съема его со стенда. Была создана система технического диагностирования по данным измерения параметров и



Двигатель РД-301, работающий на жидком фторе и аммиаке



RD-170

неразрушающих методов контроля, разработана методика межпусковой обработки для создания условий последующего запуска без разборки двигателя. Идея создания этих двигателей принадлежит Глушко. Разработаны они были под непосредственным техническим руководством В.П. Радовского. Разработать эти двигатели нам помогали десятки научных организаций и промышленных предприятий. Были и сомневающиеся в возможности вообще создания ЖРД на такие параметры. Но двигатели были созданы, и тяжелейшая работа увенчалась успехом: сначала в апреле 1985 г. прошло первое летное испытание РН "Зенит", а затем первая ступень этой ракеты, являющаяся по технической сути блоком "А" ракеты-носителя "Энергия", успешно отработала при двух полетах РН "Энергия" в мае 1987 г. и ноябре 1988 г.

Создание РН "Энергия" и "Зенит" должно было стать началом разработки последующего ряда космических ракет. В планах НПО "Энергия" стояла разработка ракеты среднего класса "Гроза" с двумя двигателями RD-170, а также сверхтяжелого класса "Вулкан" с восемью двигателями RD-170. Велась также проектная разработка для будущих исследований Луны и планет Солнечной системы.

Валентин Петрович Глушко скончался 10 января 1989 г. Его детище - универсальная ракетно-космическая система "Энергия-Буран" - без своего создателя больше полетов не совершала.

Однако научно-технический вклад Глушко в отечественное ракетное двигателестроение нашел свое применение и после его смерти. Основные положения созданной Глушко конструкторской школы воплощаются в разработках последующих двигателей.

Какие же основные проблемы решались для обеспечения надежности работы агрегатов высокотемпературных окислительных трактов? Основными составляющими этой задачи являлись создание конструкции газогенератора с приемлемым уровнем неравномерности температурного поля высокотемпературного газа (не более 5 %), возможностью глубокого дросселирования и обеспечением устойчивости процесса горения; определение требований к материалам, применяемым в высокотемпературных окислительных трактах и разработка технологии защитных покрытий жаропрочных материалов, обеспечивающих надежную работу элементов газовых трактов. В последние годы получены значительные достижения в области защиты газовых трактов ЖРД. До-



Валентин Петрович Глушко

казана возможность установки на входе в двигатели фильтров с ячейкой 80 мкм, не пропускающих частицы опасного для возгорания размера (более 100 мкм). Такие фильтры уже внедрены на ЖРД RD-181, ведутся работы по установке фильтров с такой ячейкой на ЖРД для РН "Ангара" и "Союз 5". Внедрение фильтров с ячейкой 80 мкм позволит существенно упростить требования к теплозащитным покрытиям лопаток турбины и элементов газового тракта или вообще отказаться от теплозащитных покрытий.

Совершенная конструкция и выдающиеся технические характеристики двигателя RD-170 стали базовой основой для создания унифицированного ряда ЖРД на компонентах кислород-керосин. Новые двигатели этого ряда можно создавать в минимальные сроки и с наименьшими затратами для любых перспективных ракет-носителей.

Из разработанного в НПО Энергомаш ряда двигателей четыре находятся в эксплуатации в составе РН "Зенит", "Атлас", "Ангара", "Антарес", один прошел летные испытания в составе южнокорейской РН KSLV-1, другие могут быть использованы в составе РН "Союз", "Союз-5", МРКС-1 и других.

Высокие энергетические и эксплуатационные характеристики двигателей НПО Энергомаш определили их востребованность на международном рынке. Немаловажную роль сыграла высокая техническая эрудиция действующих специалистов школы В.П. Глушко.

Наряду с новыми разработками велось усовершенствование ранее разработанных двигателей, находящихся в эксплуатации. Так, были модернизированы двигатели для космических РН "Союз" и "Протон".

Сегодня перспективы российской космической программы во многом определяются двигателями НПО Энергомаш. Правительство России приняло концепцию развития пилотируемой космонавтики России, в которой, в частности, определена новая роль РН "Союз 5" среднего класса, которая будет использоваться для пилотируемых миссий и станет основой для отечественной ракеты-носителя сверхтяжелого класса для дальнейших программ по исследованию дальнего космоса. РН "Союз 5" должна полететь уже в 2022 году. Выполнение этих задач в заданные сроки возможно только с использованием модернизированных двигателей RD171MV с учетом последних достижений по обеспечению надежности и технологичности. ЖРД RD171MV должен соответствовать требованиям к пилотируемым полетам. НПО Энергомаш готов к созданию новых ЖРД.

Техническое наследие Глушко продолжает эффективно использоваться в конструкции реальных двигателей нашего времени. **П**



РН "Ангара-5"