

# «Корни» ДВИГАТЕЛЕЙ «Семерки»

Эксклюзивный  
Материал

И.Афанасьев. «Новости космонавтики»

Так уж получилось, что образцы принципиально новой техники, если и не рождались, то обретали жизнь в развитых странах Запада – вспомним пароход, паровоз, автомобиль, телефон, самолет, телевизор, атомную бомбу и т.д. Однако – опять-таки, в силу ряда обстоятельств – Первый спутник не имел прототипов и был совершенно новым и уникальным творением; его, как и космическую РН, скопировать было неоткуда. Поэтому, когда ПС-1 прочертил небо Земли, открыв эру космических полетов, в эфире над планетой на всех языках зазвучали как самые главные только два слова: «Россия, Спутник!»

Первый в мире ИСЗ был выведен на орбиту двухступенчатой ракетой Р-7, оснащенной жидкостными ракетными двигателями (ЖРД) РД-107 и РД-108, созданными в опытно-конструкторском бюро (ОКБ-456)\* под руководством Валентина Петровича Глушко. Официально разработка этих двигателей началась в 1954 г., но по существу значительно раньше – когда ОКБ-456 приступило к обширной программе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области мощных ЖРД [1].

Постановление Совета Министров (СМ) СССР от 13 мая 1946 г., «считая важнейшей задачей создание реактивного вооружения и организацию научно-исследовательских и экспериментальных работ в этой облас-

ти», определило «как первоочередную задачу – воспроизведение с применением отечественных материалов ракет типа «Фау-2\*\*\*» [2].

Изучение конструкторско-технологической документации по двигателю ракеты А-4 («Фау-2») и освоение имеющегося у немецких специалистов производственного опыта [2] позволили сократить сроки внедрения новых технологий

Первый мощный отечественный послевоенный двигатель РД-100 был по существу копией ЖРД ракеты А-4 с несколько улучшенной конструкцией основных агрегатов\*\*\*. Он был изготовлен из материалов, доступных отечественной промышленности.

РД-100 был однокамерным ЖРД, работающим на топливе «жидкий кислород – этиловый спирт 75%-ной концентрации», и состоял из камеры сгорания, турбонасосного агрегата (ТНА), газогенератора, агрегатов автоматики и элементов общей сборки. ТНА раскручивался продуктами каталитического разложения 80%-ной перекиси водорода. Процесс разложения проходил в газогенераторе при впрыске катализатора – 28%-ного раствора перманганата натрия. Начальное зажигание в камере сгорания происходило от пускового факела, образующегося при горении распыленной воздушно-спиртовой смеси (пены), воспламеняемой от пиропатронов с электрозапалом. Уп-

равление двигателем осуществлялось системой пневмо- и электроклапанов и реле, приводимой от наземной и бортовой батарей сжатого воздуха.

Камера сгорания (см. рисунок) имела сферическую (точнее, грушевидную) форму и плавно переходила в коническое сопло. Конструкция камеры – сварная неразъемная. Внутренняя стенка и наружная рубашка камеры и сопла представляли собой стальные детали, штампованные из листовых заготовок. Охлаждение – проточное, горючим; в наиболее теплонапряженных участках камеры были организованы четыре пояса вну-

Сравнение рабочих параметров двигателей [4]

Параметр	А4 модель 39	РД-100
Расход спирта, кг/с	58	57,8
Расход кислорода, кг/с	72	74
Давление топлива:		
– спирт, в камере сгорания, МПа	1,93	2,02
– кислород, в камере сгорания, МПа	1,93	2,04
Давление в камере сгорания, МПа	1,48	1,62
Температура в камере сгорания, °С	2000	2300
Скорость истечения, м/с	2000	2130
Тяга, кН	257	267
	(на высоте 1,8 км)	(на уровне моря)

тренного (плочного) охлаждения путем впрыска горючего через радиальные отверстия и форсунки дополнительного охлаждения, установленные на втором поясе. Головка камеры имела 18 форкамер, расположенных по двум окружностям (6 – по внутренней, 12 – по внешней) с распылителями окислителя. В боковых стенках форкамер устанавливались форсунки горючего [2].

Для успешного выполнения поставленных задач и сокращения сроков освоения производства ракеты в СССР, в соответствии с уже упомянутым постановлением СМ всем вновь организованным на территории Германии предприятиям по ракетной технике, а также работающим на них немецким специалистам до конца 1946 г. надлежало переместиться в СССР [2].

Во второй половине ноября 1946 г. в ОКБ-456 прибыли 17 немецких специалистов; в декабре к ним добавились еще шестеро: два инженера-конструктора по воздушно-реактивным двигателям (ВРД) и четыре криогеника (один инженер и трое рабочих). Здесь их распределили по подразделениям предприятия: в КБ – 10 человек, в экспериментальное и опытное производство – семеро, на испытательные стенды, включая кислородную установку, – еще шестеро.

Поскольку первоочередной задачей был выпуск комплекта конструкторской документации для изготовления двигателя РД-100 (8Д51), а основной состав КБ был малочисленным, всех немецких специалистов, имеющих навыки конструкторской работы, направили в конструкторские бригады. Они выполняли графическую часть чертежей, а наши техники-конструкторы делали все надписи. Наибольшую помощь немцы ока-

Рисунок Canadian Arrow

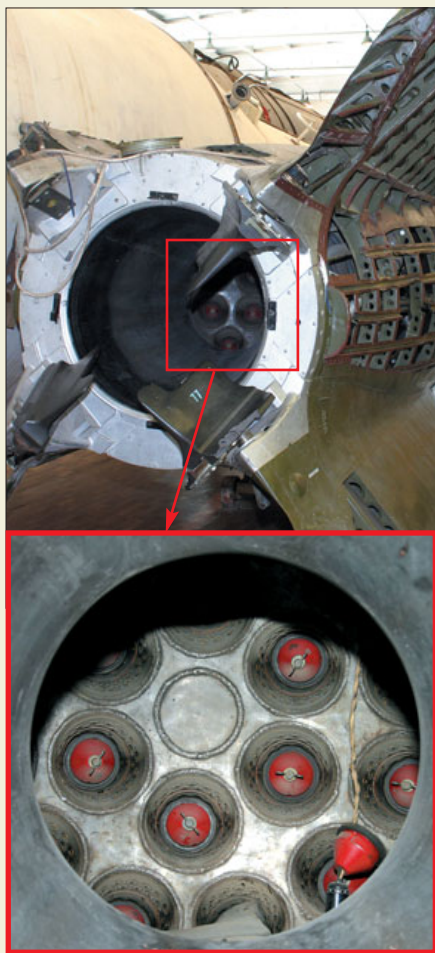


Камера сгорания двигателя ракеты А-4

\* Ныне НПО Энергетического машиностроения имени академика В.П.Глушко.

\*\* Управляемая баллистическая ракета А-4 дальностью 260 км, созданная в 1935–1945 гг. коллективом германского армейского испытательного центра Пенемюнде (Peenemünde); руководитель – Вальтер Дорнбергер, главный конструктор – Вернер фон Браун.

\*\*\* Источник [3] утверждает, что первые опытные экземпляры РД-100 были собраны из 14 комплектов полностью готовых двигателей А-4 и агрегатов для сборки еще 15 изделий, перевезенных с завода Монтанья в Германии на предприятие в Химках (СССР) в начале 1947 г.



Вид на форкамеры двигателя РД-101 ракеты Р-2

зали в подборе материалов и увязке требований отечественных и немецких стандартов. В экспериментальном производстве они помогали осваивать технологию и применять ее к имеющемуся оборудованию [2].

Надо отметить, что из всей группы лишь семь человек имели высшее образование; ни один из специалистов не играл важной роли в разработках Пенемюнде, но многие имели значительный опыт в производстве и сборке. Самыми «маститыми» считались Вернер Баум (Werner Baum) из Управления вооружений Вермахта (сухопутных войск) и Вилли Шварц (Willi Schwarz), с ноября 1943 г. принимавший участие в разработке двигательных установок в г. Заальфельд (Saalfeld). Для ОКБ-456 самым полезным оказался Освальд Путце (Oswald Putze), который во время войны работал техническим директором вагоностроительного завода Линке-Хоффмана (Linke-Hoffman), производящего камеры сгорания А-4.

Список назначений в Советском Союзе в 1947 г. и первой половине 1948 г. подчеркивает большую роль немецких специалистов в производстве и испытаниях, нежели чем в проектировании ЖРД; в нем числятся: заместитель руководителя экспериментального производства, главный инженер по экспериментальному производству, руководитель кислородной установки, заместитель руководителя механических мастерских, заместитель руководителя испытательной станции, технические консультанты и т.д. [3].

В бытовом отношении немцы устроились совсем неплохо, если учесть обстанов-

ку в СССР в первые послевоенные годы (разруха, карточная система, полуголодное существование населения). В Союз они приехали с семьями по два, три и даже четыре человека. В Химках немцев общим числом в 65 человек поселили в первые построенные дома вблизи завода, наделили продуктовыми карточками и неплохой зарплатой. Так, в августе 1948 г. зарплата В.П. Глушко составляла 6000 руб., заместителя начальника производства О.Путце (немец) – 5000 руб., заместителя главного конструктора Д.Д. Севрука – 4000 руб., заместителя главного конструктора В.А. Витки – 3500 руб., ведущего инженера-технолога Р.Квальчика (немец) – 3000 руб. Немецкие специалисты могли переводить деньги родственникам в Германию, на них распространялось наше трудовое законодательство, в частности право на отпуск [2].

Освоение ракетной техники в СССР велось широким фронтом с поэтапным переходом от использования трофейных экземпляров ракет к изготовлению матчасти из отечественных материалов по адаптированной конструкторской и технологической документации.

26 июля 1947 г. было принято постановление правительства о проведении в сентябре–октябре 1947 г. опытных пусков двух серий ракет А-4, собранных в Германии и в СССР из немецкой матчасти. Пусками руководила Государственная комиссия под председательством маршала артиллерии Н.Д. Яковлева. Техническое руководство осуществлял С.П. Королев. В испытаниях участвовали и немецкие специалисты. Среди проведенных 11 пусков только пять были успешными. Причинами аварий стали отказы двигателей, системы управления и различные дефекты.

На следующем этапе предполагалось наладить производство и провести летно-конструкторские испытания (ЛКИ) ракет Р-1 (отечественный аналог А-4) с двигателем РД-100. В конце 1947 г. первый ЖРД был готов к заводским испытаниям, и 24 мая 1948 г. на стенде в Химках был проведен его первый прожиг. ЛКИ первой серии ракет Р-1 проходили в сентябре–ноябре 1948 г. К сожалению, результаты первого этапа испытаний (девять изделий) были крайне неудачными – цели достигла лишь одна ракета [2].

В процессе отработки в конструкции агрегатов РД-100 был внесен ряд изменений: заменен материал внутренней стенки камеры, улучшены условия работы распылителей окислителя, введены защитные покрытия, изменен сопловой аппарат ТНА и материалы отдельных деталей и защитных покрытий уплотнений [2].

После устранения недостатков в работе всех систем ракета Р-1 успешно прошла ЛКИ и 25 ноября 1950 г. была принята на вооружение Советской Армии [2]. Она изготавливалась серийно на Днепропетровском машиностроительном заводе. В процессе серийного производства двигателей РД-100 были введены в практику огневые стендовые технологические испытания каждого ЖРД на сокращенный ресурс и выборочные испытания – на полный ресурс. Статистика стендовых и летных испытаний РД-100 и ра-

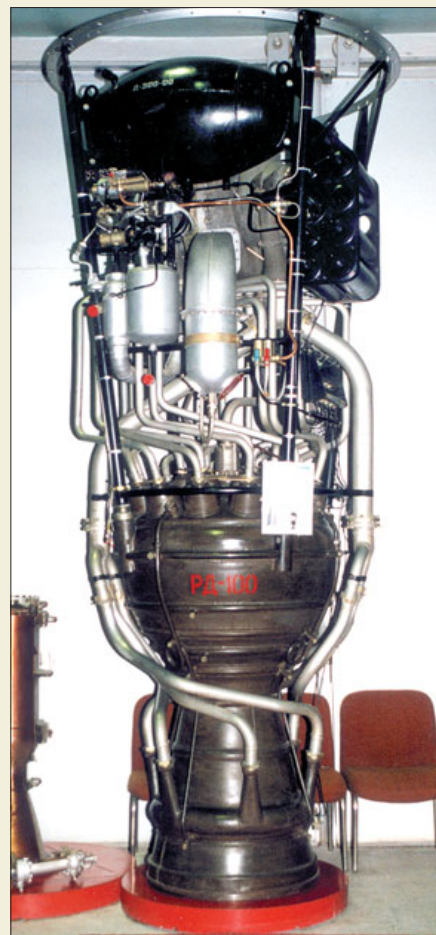
кеты Р-1 в целом показала, что изготовленная по отечественной технологии и из отечественных материалов техника обладает более высокой надежностью, чем исходный вариант А-4 немецкого производства.

Первый государственный заказ был выполнен, но работы по совершенствованию ракетной техники интенсивно продолжались. Постановлением Совмина от 7 мая 1947 г. были определены основные задачи на 1947 г. по разработке и изготовлению образцов реактивного вооружения, среди которых наряду с созданием Р-1 предусматривалось проектирование более совершенных образцов ракет Р-2 и Р-3 с дальностью полета 600 и 3000 км [2].

При разработке двигателей на базе форсированного варианта РД-100 (с тягой 27 тс на уровне моря), специалисты ОКБ-456 сосредоточили внимание на четырех основных областях улучшения базовой немецкой конструкции:

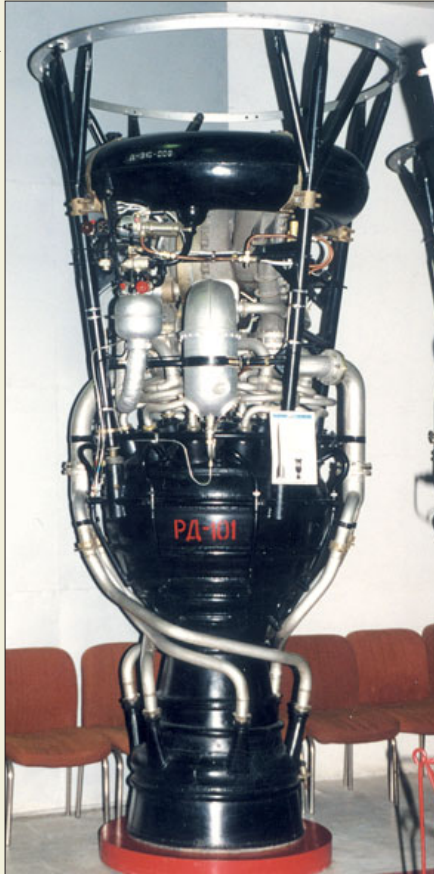
- ◆ повышение эффективности использования топлива;
- ◆ увеличение давлений в камере сгорания;
- ◆ оптимизация компоновки конструкции;
- ◆ модернизация производственных процессов и материалов [3].

Новый двигатель РД-101, предназначенный для ракеты Р-2 дальностью 600 км, отличался от РД-100 сниженной в 1.4 раза массой, меньшим числом агрегатов автоматики (20 вместо 26), форсированным по мощности (до 1066 л.с. вместо 470 л.с.) ТНА, газогенератором с твердым катализатором уменьшенной массы, а также более



Двигатель РД-100

Фото И.Марицина



Двигатель РД-101

## Сравнение параметров двигателей [4]

Характеристика	РД-101	РД-103М
Расход горючего, кг/с	70.6	80.5
Расход окислителя, кг/с	102.3	115.9
Давление в камере сгорания, МПа	2.16	2.44
Удельный импульс (на уровне моря), сек	214	244
Удельный импульс (в вакууме), сек	240	251
Давление впрыска в камеру, МПа		
– горючего (спирт)	2.6	2.9
– окислителя (кислород)	2.5	3.5
Минимальный диаметр сопла, мм	400	400
Диаметр среза сопла, мм	740	810
Тяга на уровне моря, кН	363	432
Тяга в вакууме, кН	402	500

совершенными пневмогидравлической и электрической схемами.

Рост характеристик (тяги и удельного импульса) обеспечивался повышением давления в камере сгорания и применением спирта более высокой (92%) концентрации, но требовал значительной интенсификации охлаждения камеры и повышения прочности ее конструкции. Было улучшено внутреннее охлаждение в форкамерах и на стенке камеры сгорания [2].

По результатам контрольных испытаний августа–сентября 1952 г. ракету Р-2 приняли на вооружение.

На базе последовательной модернизации ракет Р-1 и Р-2 появился проект изделия Р-5 с двигателем РД-103М.

Для обеспечения полетной дальности (1200 км) ЖРД предельно форсировался до тяги 44 тс на земле; на сопло двигателя ус-

*\* Надо отметить, что Р-5 относится к когорте «долгожителей» ракетной техники. Разработанная в качестве боевого оружия, эта ракета широко использовалась по научной программе Академии наук СССР (в модификациях В-5В и «Вертикаль»). Последняя ракета этой серии была запущена в октябре 1971 г.*

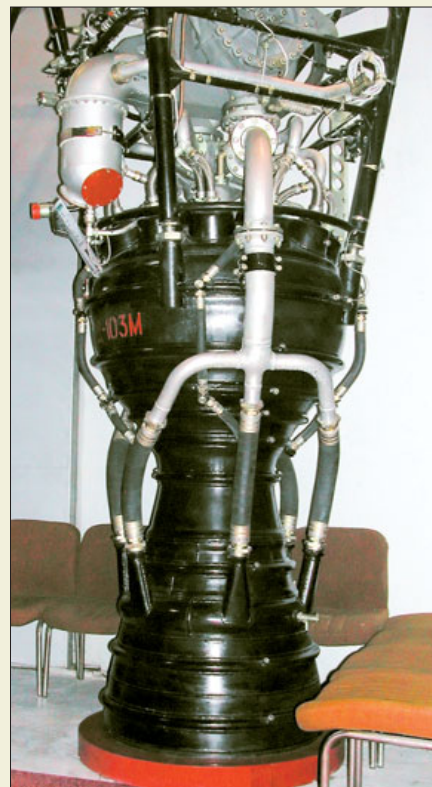
танавливался специальный неохлаждаемый стальной насадок, выложенный изнутри графитовыми плитками (футеровкой). Существенным отличием РД-103М от прототипов явилось введение насосной подачи перекиси водорода. Для этого был введен третий насос, приводимый от основного вала ТНА через мультипликатор. Это позволило заменить тяжелый стальной торовый бак перекиси с рабочим давлением 50 атм алюминиевым баком с давлением 3.5 атм. Отпала необходимость и в тяжелом стальном баллоне на 200 атм, воздух из которого служил для выдавливания перекиси водорода. Изменились система автоматики запуска и управления ЖРД, было введено регулирование тяги в полете. Форсирование двигателя, приведшее к повышенным нагрузкам на узлы и агрегаты, обусловило широкое применение гибких трубопроводов (сифонных и резиновых), хорошо противостоявших вибрационным нагрузкам [2].

В процессе доводочных испытаний основные трудности были связаны с преодолением недопустимо интенсивных высокочастотных колебаний, возникающих в камере сгорания. Проблему решили внесением изменений в конструкцию распылителей и систему впрыска горючего.

Серийное изготовление двигателей РД-101 и РД-103М, как и РД-100, велось в Днепрпетровске.

Изделие Р-5\* стало основой для создания Р-5М – первой стратегической ракеты для доставки ядерной боеголовки на расстояние до 1200 км. Разработка Р-5М проводилась в соответствии с постановлением Совмина СССР от 10 апреля 1954 г. Высокая надежность систем ракеты позволила в феврале 1956 г. успешно провести ее экспериментальный пуск с ядерным зарядом [2].

Окончание следует



Двигатель РД-103М

Фото И.Афанасьева

## Сообщения

⇨ Указом Президента РФ от 23 мая 2005 г. №579 за большой вклад в социально-экономическое развитие города Байконур, многолетнюю добросовестную работу и укрепление дружбы и сотрудничества между народами глава администрации города Александр Федорович Мезенцев награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» 4-й степени, а заместитель главы администрации города Анатолий Павлович Петренко – орденом Дружбы. Медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени награждены: руководитель аппарата главы администрации города Николай Федорович Авдеев, начальник управления Эдуард Павлович Гордиенко, заведующая отделом ЗАГС Халида Тулеубаевна Кацука и начальник управления ГУП «ПО «Горводоканал» Виля Тихонович Цай. Почетное звание «Заслуженный работник культуры Российской Федерации» присвоено преподавателю государственного образовательного учреждения дополнительного образования детей «Детская музыкальная школа №1» Ольге Семеновне Лебедь, почетное звание «Заслуженный учитель Российской Федерации» – заведующей государственным дошкольным образовательным учреждением «Детский сад №19» Валентине Васильевне Ерохиной, директору ГОУ «Средняя общеобразовательная школа №3 имени С.П.Королева» Татьяна Сергеевна Кобяковой и учительнице этой школы Розалии Иосифовне Сонис. – П.П.

⇨ Распоряжением Правительства РФ от 23 мая 2005 г. №628-р за большой личный вклад в развитие ракетно-космической техники и в связи с 50-летием космодрома Байконур Почетной грамотой Правительства РФ награждены директор ФГУП «Федеральный космический центр «Байконур» Евгений Моисеевич Кушнир и первый заместитель директора Центра Евгений Алексеевич Черный. – П.П.

⇨ Распоряжением Правительства РФ от 13 мая 2005 г. №588-р Министерству обороны РФ разрешено использовать на договорной основе космические системы и комплексы военного назначения и привлекать личный состав воинских частей для проведения запуска с космодрома Байконур ракетой-носителем «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М» КА телекоммуникационного назначения Astra-KR (Люксембург). – П.П.

⇨ В связи с недостаточным бюджетным финансированием в 2005 и 2006 г. на 8 месяцев увеличена продолжительность этапа определения облика системы и уменьшения риска по программе создания перспективной интернет-подобной спутниковой системы военной связи TSC (Transformational Satellite Communications). Центр космических и ракетных систем ВВС США заключил с компанией Lockheed Martin Space Systems дополнительное соглашение на 41.684 млн \$, причем в качестве дополнительной задачи поставлена разработка средств надежной передачи и криптографической защиты линий телеметрии и управления. В 2005 ф.г. на работы по программе выделено 112 вместо 202 млн \$; на 2006 ф.г. запроектировано 250 вместо 200 млн \$. – И.Л.