



Фото РКК «Энергия»

Двигателист РКК «Энергия» из когорты первопроходцев

К 90-летию Б.А. Соколова – представителя школы отечественного жидкостного ракетного двигателестроения, соратника С.П. Королёва

Советнику президента Ракетно-космической корпорации (РКК) «Энергия» имени С.П. Королёва, научному руководителю научно-технического центра корпорации по двигателям, двигателным и энергетическим установкам, доктору технических наук, профессору **Борису Александровичу Соколову 14 мая исполняется 90 лет.**

Кратко охарактеризовать весь огромный творческий путь, пройденный юбиляром и руководимым им коллективом разработчиков жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) и энергоустановок можно словами «Сделано впервые!»

Вся научно-производственная деятельность Б.А. Соколова неотделима от истории отечественной ракетной и ракетно-космической техники. После окончания моторостроительного факультета Московского авиационного института (МАИ) имени Серго Орджоникидзе, с 1947 по 1953 год Борис Александрович работал в лаборатории по жидкостным ракетным двигателям Научно-исследовательского института НИИ-1 Министерства авиационной промышленности СССР.

В 1954–1958 гг. Б.А. Соколов принимал непосредственное участие в создании легендарной межконтинентальной баллистической ракеты (МБР) Р-7. В то время никто не представлял, как запускать мощный ЖРД на большой высоте, и для двухступенчатой МБР проектанты Особого конструкторского бюро №1 (ОКБ-1, сегодня – РКК «Энергия») выбрали пакетную схему с запуском двигателей обеих ступеней на Земле. Из-за этого ресурс двигателя второй ступени увеличивается вдвое, и графитовые газовые рули, предназначенные для управления ракетой на активном участке, могли не выдержать. Выход из положения виделся в установке рулевых двигателей или камер с питанием от турбопорошечного насоса основного двигателя. Они не только решали вопрос управления, но и уменьшали потери тяги от графитовых рулей и резко снижали импульс последствия на остановке и его разброс. Это позволяло существенно увеличить точность попадания МБР в цель.

В силу различных причин имеющиеся тогда двигателестроительные организации

не брались за разработку рулевых камер. Руководитель ОКБ-1 С.П. Королёв взял все вопросы на себя. Своих двигателистов у него не было, и – по инициативе своего заместителя В.П. Мишина – он пригласил к себе группу специалистов из НИИ-1, среди которых был и Б.А. Соколов. Сергей Павлович организовал у себя разработку и изготовление электрических приводов для качания рулевых камер. В дополнение к стендам в Химках и загорском филиале №2 он начал строить свою испытательную станцию со стендами на криогенных компонентах. До настоящего времени ветераны вспоминают, как работали тогда почти круглосуточно.

Рулевые двигатели были спроектированы, изготовлены, испытаны и поставлены на летные испытания. Они участвовали в запуске первого и второго, а затем, после некоторой модернизации, третьего и последующих искусственных спутников Земли, космических аппаратов и кораблей. Камера, качающаяся в карданном узле, служащая для управления вектором тяги, была создана в нашей стране впервые. Идея «качающегося» двигателя получила воплощение во всех последующих разработках, став классическим конструктивным решением

Б.А. Соколов работал под руководством С.П. Королёва 12 лет. Его творческий труд связан с предприятием, которое известно сегодня как РКК «Энергия». Прежде чем стать руководителем большого многопланового коллектива, он познал работу конструктора, проек-

танта, испытателя и исследователя. Весь этот опыт, помноженный на незаурядный талант и работоспособность, сделал его выдающимся инженером и ученым.

Борисом Александровичем созданы важные научные направления в ракетном двигателестроении и в разработке новых экологически чистых энергоустановок. Результаты его деятельности в этих областях науки и техники получили профессиональное признание и большой научный авторитет. Энтузиазм в работе, всесторонние, глубокие знания, огромный личный опыт, логическое мышление и интуиция, умение работать с людьми и такие важные человеческие качества, как мужество, трудолюбие, настойчивость, дисциплинированность, всецелая преданность своему делу – вот яркие черты ученого.

Запуск первых искусственных спутников Земли показал, что они могут длительное время функционировать в космическом пространстве, однако для решения конкретных задач межпланетных полетов необходимо иметь космическую ракету-носитель, способную вывести на околоземную орбиту не только аппарат, но и разгонную ступень, которая обеспечивала получение второй космической скорости.

Эскизный проект третьей ступени – блока Е – для первой в мире космической РН, созданной на базе королёвской МБР Р-7, был выпущен в 1958 г. Его предполагалось оснастить двигателем 8Д714 на базе уже созданной и испытанной рулевой камеры этой же МБР. Управление полетом осуществлялось специальными соплами на газе, отработанным после турбопорошечного агрегата. Впервые предусматривалось поперечное деление ступеней с запуском двигателя в условиях космического пространства. Специалисты ОКБ-1 работали совместно с двигателялистами воронежского ОКБ-154, которым руководил С.А. Косберг. Головная организация несла ответственность за разработку компоновки, проведение сборки и обеспечение поставки 8Д714, а также разработку, экспериментальную отработку и испытания (автономные и в составе двигателя) камеры с высотным соплом и большей части агрегатов крепления, зажигания и органов управления.

Для высотных испытаний камеры, органов управления и двигателя в целом в ОКБ-1 была создана газодинамическая эжекторная установка. Двигатель в различных модификациях применялся на РН, обеспечивших запуск первых отечественных зондов к Луне и кораблей-спутников с человеком на борту, в том числе выведение на орбиту корабля «Восток», пилотируемого майором Ю.А. Гагариным.

▼ Б.А. Соколов демонстрирует качающуюся рулевую камеру



Фото РКК «Энергия»



▲ Модификация двигателя 8Д714 для блока Е

Б. А. Соколов внес огромный вклад в создание этого и последующих ЖРД, работающих на кислородно-углеводородном топливе и разработанных в 1957–1974 гг. в организации, которая носила тогда наименование «Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения» (ЦКБЭМ, в настоящее время – РКК «Энергия»).

При его непосредственном участии был создан первый отечественный двигатель 11Д33 с дожиганием газогенераторного газа в камере сгорания, который при использовании основных компонентов топлива позволил увеличить удельный импульс в пустоте до 340 кгс·с/кг. Двигатель крепился в карданном подвесе, управление по каналу крена осуществлялось поворотными рулевыми соплами, работающими на восстановительном газогенераторном газе. Решенные задачи запуска кислородного ЖРД на орбите после длительного пребывания в состоянии невесомости и космического вакуума позволили создать разгонный блок «Л» – четвертую ступень РН «Молния» – для выведения на высокоэллиптические орбиты спутников связи типа «Молния» и запусков автоматических межпланетных станций (АМС) «Луна», «Венера», «Марс», «Зонд» с низкой околоземной орбиты к Луне и на траектории полета к планетам Солнечной системы.

Путем улучшения характеристик двигателя 11Д33 в 1967 г. был создан более мощный и совершенный двигатель 11Д58, допускающий многократный запуск в условиях невесомости при длительном нахождении в космическом пространстве. В нем впервые был применен криогенный турбопреднасос на баке окислителя и создан насадок сопла с радиационным охлаждением. Двигатель применялся на разгонном блоке «Д» – четвертой ступени РН «Протон-К» – для запуска АМС «Венера» и «Марс».

В 1974 г. для блока «ДМ», усовершенствованной модификации разгонного блока «Д», был создан двигатель 11Д58М с предельно возможными эксплуатационно-техническими характеристиками. На нем впервые в мире было достигнуто практически полное использование в ЖРД энергии кислородно-керосинового топлива. Двигатель многие годы являлся непревзойденным в своем классе, изготавливался заводом РКК «Энергия». Он успешно эксплуатируется до настоящего времени.

Все перечисленные выше двигатели были одними из ключевых составляющих в составе первых баллистических ракет дальнего действия, первых космических РН и ракетно-космических систем, обеспечив создание ракетно-ядерного щита страны и реализацию большинства отечественных программ исследования и освоения космического пространства. Важнейшей разработкой, выполненной в тот период коллективом под руководством Б. А. Соколова, стала система переохлаждения, длительного хранения и скоростной заправки стратегической ракеты типа Р-9 переохлажденным кислородом со значительным сокращением его потерь (с 15% до 0.05% в сутки).

Успешному созданию этих двигателей и систем способствовало то, что их разработка выполнялась на основе результатов исследовательских и экспериментальных работ, выполненных с использованием уникальной испытательной базы, созданной с участием Бориса Александровича. Им был воспитан коллектив испытателей, проводивший огромный объем работ по отработке ЖРД и систем, испытаниям серийных двигателей и агрегатов. В ходе работ проведена коренная модернизация двигателей, разработаны и реализованы мероприятия по совершенствованию их пневмогидросхем. В частности, были осуществлены следующие разработки:

- ◆ впервые создан и сдан в эксплуатацию ЖРД «замкнутой» схемы с дожиганием газогенераторного газа (1959–1961);

- ◆ осуществлен «пушечный» запуск кислородного ЖРД;

- ◆ созданы кислородные ЖРД, использующие основные компоненты топлива для работы газогенератора и наддува топливных баков ракетного блока (1958–1959);

- ◆ разработана схема запуска ЖРД, при которой циклограмма и особенности процесса его включения в работу в земных и космических условиях не отличаются;

- ◆ впервые реализована пневмогидравлическая схема с многократным включением в космосе кислородно-углеводородного двигателя;

- ◆ в состав ЖРД включены элементы ракетного блока, начиная от разделительных клапанов, установленных на баках;

- ◆ впервые созданы новые бустерные турбонасосные агрегаты окислителя и горючего, позволяющие обеспечить работу двигателя при низких превышениях давлений компонентов в топливных баках.

Исследованы и впервые в практике отечественного ракетного двигателестроения применены новые материалы, конструкторские и технологические решения:

- ❖ высотный насадок сопла с радиационным охлаждением, выполненный из специально созданного композитного материала;

- ❖ титановые сплавы для камеры сгорания, рамы и других элементов двигателя;

- ❖ стеклопластики для трубопровода окислителя и корпуса бустерного преднасоса окислителя;

- ❖ сепараторы подшипников из фторопласта с дисульфидом молибдена;

- ❖ цельнолитой корпус турбины из сплавов ЭП202Л и ЭП590;

- ❖ пирогرافит в качестве антифрикционного уплотнительного материала на горячем окислительном газе;

- ❖ спиральные каналы в охлаждающем тракте на сопловой и цилиндрической частях камеры сгорания;

- ❖ пайка оболочек через марганец, наносимый осаждением в вакууме;

- ❖ шестеренчатый редуктор, охлаждаемый и смазываемый жидким кислородом;

- ❖ автономный блок управления запуском, остановом и режимом работы ЖРД.

Проведенный комплекс исследований позволил разработать метод поставок кислородно-углеводородного ЖРД без переборки после огневых контрольных испытаний.

Такой подход к контролю качества товарной продукции явился принципиально важным в деле обеспечения высокой надежности эксплуатации двигателей и оправдан всем дальнейшим опытом. Метод воспринят всеми разработчиками ЖРД и стал классическим.

В 1976–1988 гг. под непосредственным руководством Б. А. Соколова была разработана объединенная двигательная установка (ОДУ) многоразового орбитального корабля (ОК) «Буран», предназначенная для всех динамических операций в полете. Впервые в мировой практике в двигательной установке, работающей в космосе в составе пилотируемого космического объекта, используется криогенный окислитель – жидкий кислород в паре с некриогенным углеводородным горючим. Даже теперь, спустя почти 25 лет, для многих специалистов этот выбор не кажется бесспорным. Дело в том, что использование криогенного топливного компонента связано с преодолением множества технических проблем. Все применявшиеся до этого на практике двигательные установки для КА создавались исключительно на базе некриогенных топлив – либо однокомпонентных (гидразин, перекись водорода), либо двухкомпонентных (окислитель – азотный тетроксид, горючее – производные гидразина). Почти все эти вещества высокотоксичны, а некоторые еще и экологически опасны.

Использование же кислородно-углеводородного топлива позволило значительно

▼ Двигатель 11Д58М для блока Д



повысить энерговооруженность «Бурана», сделать эксплуатацию ОК более безопасной и экологически чистой, что особенно важно для многоразовых транспортных космических систем. Кроме того, появилась возможность объединить ОДУ с бортовыми системами электропитания и жизнеобеспечения «Бурана», использующими кислород.

Техническое своеобразие установки во многом определено повышенными требованиями к безопасности и надежности, обеспечению многоразовости, выхода из нестандартных ситуаций, а также влиянием массы топлива на центровку ОК как крылатого летательного аппарата. Неудивительно, что создание ОДУ оказалось очень сложным делом и потребовало многих сил от конструкторов, производственников и испытателей.

Сравнение ОДУ корабля «Буран» с ее функциональным аналогом в составе американской системы Space Shuttle показывает, что, несмотря на некоторый проигрыш в массе конструкции, отечественная криогенная установка в итоге обеспечивает значительный выигрыш в массе выводимого полезного груза.

Яркая черта Бориса Александровича – увлеченность в поиске и внедрении в технику новых и передовых достижений – наглядно проявляется в активной поддержке и участии в разработке предложений по практическому использованию в различных видах транспорта и стационарных объектах социального назначения источников электрического тока на основе электрохимических генераторов, работающих на газообразных водороде и кислороде. Эти предложения основаны на положительном опыте разработки аналогичной электрохимической установки для ОК «Буран».

Обеспечение электроэнергией крылатого корабля потребовало создания принципиально новой системы электропитания (СЭП) на основе электрохимических генераторов (ЭХГ), в которых происходит непосредственное преобразование химической энергии в электрическую при взаимодействии кислорода с водородом на так называемых «топливных элементах». Так как продуктом реакции является чистая вода, то СЭП позволяла создавать запасы воды для систем жизнеобеспечения и обеспечения теплового режима.

СЭП включала в себя четыре энергомодуля с ЭХГ «Фотон» мощностью по 10 кВт каждый и криостаты для хранения кислорода и водорода.

Разработка, изготовление и испытания СЭП производились в НПО «Энергия» (сегодня – РКК «Энергия») и НИИХиммаш, а ее энергомодулей «Фотон» – на Уральском электрохимическом комбинате, где специально были построены необходимые сооружения и оборудование.

Полет ОК «Буран» показал правильность выбранных технических решений, а также организационно-методических основ разработки и создания сложнейшей космической системы. Он продемонстрировал высокий уровень научного и технологического по-

тенциала кооперации предприятий страны, работавших в области космонавтики и ракетно-космической техники.

Разработка ОДУ и СЭП стала первым успешным шагом в создании нового перспективного класса двигательных установок, основанного на применении высокоэффективных нетоксических криогенных топлив для КА. Разработанные и апробированные научно-технические решения без сомнения найдут применение при дальнейшем развитии ракетно-космической и других отраслей техники.

Создание ОДУ корабля «Буран» является вершиной творческих достижений Б. А. Соколова, работавшего как двигателестроитель-ракетчик. В последующие годы значительно расширился круг задач, решаемых под его руководством. Его назначают научным руководителем большого коллектива научно-технического центра, ведущего в РКК «Энергия» работы по ЖРД, двигательным и энергетическим установкам.



▲ Объединенная двигательная установка корабля «Буран»

Следует подчеркнуть, что – наряду с собственными разработками ЖРД и двигательных установок на их основе – сотрудники коллектива, руководимого Б. А. Соколовым, принимали самое активное участие в работах ведущих отечественных предприятий по созданию современных ЖРД для проектов, выполнявшихся при головной роли королевской фирмы. Так, при реализации программы «Энергия-Буран» технические задания на разработку кислородно-керосинового двигателя 11Д521 тягой 800 тс для первой ступени и кислородно-водородного двигателя 11Д122 тягой 200 тс для второй ступени РН «Энергия» сверхтяжелого класса были выданы в НПО «Энергомаш» и Воронежское КБ химавтоматики. На протяжении многих лет Б. А. Соколов и его сотрудники принимали постоянное творческое участие в разработках и эксплуатации этих двигателей. Благодаря совместной работе были решены многие сложные задачи комплексной проектной увязки систем боковых блоков «А» и блока «Ц» РН «Энергия», обеспечены успешные ее пуски.

Новаторский стиль работы Бориса Александровича проявляется в участии в разработках электроракетных двигателей большой мощности, которые в РКК «Энергия» имеют более чем полувековую историю. На предприятии спроектированы магнитоплазменные двигатели большой мощности (500 кВт) с высокими удельными характери-

стиками и большим ресурсом, работающие на литии. Проведены 500-часовые испытания подобного двигателя и космический эксперимент с его моделью. Впервые разработан радиационно-охлаждаемый двигатель с анодным слоем, в ходе испытания которого на висмуте при мощности 34 кВт достигнуты удельный импульс 5200 сек и КПД 70%. Предложено альтернативное рабочее тело (йод) и начаты испытания двигателей с замкнутым дрейфом электронов большой мощности.

Существенное значение для дальнейшего совершенствования энергомассовых характеристик разгонных блоков типа ДМ (11М861-03) имеет «глубокая» модернизация двигателя 11Д58М с переходом к охлаждению камеры сгорания криогенным кислородом вместо азотного охлаждения горючим. Работа, проводимая при научном руководстве Б. А. Соколова, значительно увеличивает экономичность ЖРД и позволяет более чем на 15% повысить массу полезного груза, выводимого на геостационарную орбиту.

В жизни Борис Александрович исключительно работоспособен. Для него практически нет понятий восьмичасового рабочего дня и очередного отпуска. Он строгий и требовательный руководитель, не терпит расхлябанности и безответственности. От всех, кто с ним работает, требует ежедневной полной самоотдачи и сам в этом является примером. Он исключительно аккуратен, обладает большой внутренней собранностью. Вместе с тем это скромный, общительный и доброжелательный человек.

В коллективе РКК «Энергия», среди специалистов предприятий отрасли, в научной и преподавательской среде Б. А. Соколов пользуется большим уважением. Его достижения, широта взглядов, инженерный талант, энциклопедические знания снискали ему заслуженный авторитет.

За достигнутые успехи в работе Б. А. Соколову присуждены Ленинская и Государственная премии СССР, премия Правительства РФ, он удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации», награжден орденом Ленина, тремя орденами Трудового Красного Знамени, восемью медалями, является членом ряда научно-технических советов, занимается подготовкой новых специалистов и научных работников, избран действительным членом Академии космонавтики имени К. Э. Циолковского и Международной академии информатизации.

Коллективы РКК «Энергия», ведущих предприятий отрасли, ведущих профильных вузов, редакция журнала «Новости космонавтики» сердечно поздравляют Бориса Александровича Соколова, ветерана ракетного двигателестроения, внесшего неоценимый вклад в развитие отечественной ракетно-космической техники, с его славным 90-летним юбилеем и желают ему крепкого здоровья, дальнейшего творческого долголетия и счастья новых достижений!