

ИЗ ИСТОРИИ РАЗРАБОТКИ ЖРД НА ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА В «НПО ЭНЕРГОМАШ»

Авторы: В.И.Архангельский, В.С.Судаков

НПО Энергомаш им. академика В.П.Глушко, Химки, Россия

Перекись водорода используется в промышленности еще с конца 19 века, а в ракетной технике нашла свое практическое применение в середине 30-х годов 20 века в Германии. Широко известны двигатели Хельмута Вальтера для истребителей-перехватчиков. Использовалась перекись водорода и в двигательных установках скоростных катеров, подводных лодок и торпед. Применялась перекись водорода и в самом мощном ЖРД того времени – ЖРД ракеты V-2 (А-4), но не как основной компонент топлива, а для вспомогательных целей – для привода турбонасосного агрегата.

После Второй мировой войны большое внимание перекиси водорода было уделено в Великобритании. Был разработан ряд двигателей на перекиси водорода и керосине в качестве ускорителей для взлета и маневров реактивных самолетов. Вскоре были разработаны двигатели серий «Альфа», «Бета» и «Гамма» для различных типов ракет. Наиболее известны двигатели серии «Гамма», которые использовались в ракете «Черный рыцарь» и в ракете «Черная стрела». Эти двигатели были разработаны по простой открытой схеме с относительно невысоким давлением в камере сгорания. Именно с помощью ракеты «Черная стрела» Великобритания стала космической державой.

В Советском Союзе перекиси водорода после Второй мировой войны также было уделено достаточное внимание. Разрабатывались ЖРД на перекиси водорода и керосине, предназначавшиеся для работы в качестве ускорителей для истребителей – эти работы проводились в Воронеже под руководством Косберга и в Ленинграде под руководством Изотова. Но вскоре с развитием мощных турбореактивных авиационных двигателей эти работы были свернуты.

В НПО Энергомаш с середины 50-х годов была разработана большая программа исследований свойств различных топливных композиций, направленная на поиск наиболее перспективных вариантов. Для окислителя - перекись водорода 98% концентрации - рассматривались

различные типы горючего. Одной из перспективных пар высококипящего топлива считалась пара «высококонцентричная перекись водорода (ВПВ) - гидрид бериллия», удельный импульс которой мало уступал наиболее эффективной криогенной топливной паре «фтор-водород». На переходном этапе к освоению гидрида бериллия осваивались пентаборан и суспензия алюминия в гидразине.

Так в начале 60-х годов в НПО Энергомаш приступили к научно-исследовательской работе по созданию высотного двигателя РД-502 тягой 10т на ВПВ-98 – пентаборан. Этот двигатель разрабатывался по схеме с дожиганием в камере сгорания высокотемпературных продуктов разложения ВПВ, служащих рабочим телом привода турбины ТНА. Давление в камере сгорания составляло 150 атм. Разложение перекиси водорода осуществлялось в однокомпонентном газогенераторе с использованием твердого катализатора. Охлаждение камеры проводилось перекисью водорода ввиду недостаточной охлаждающей способности пентаборана. Система регулирования тяги двигателя предусматривала схему перепуска части перекиси водорода в обвод газогенератора и турбины с впрыском ее в затурбинный тракт. Двигатель разрабатывался с многократным (5 – 7) включением. Продолжительность работы принималась около 1000 секунд. Кроме того, двигатель имел возможность глубокого дросселирования: с 10 т до 2,5т и даже 0,16т (при работе только на перекиси водорода).

Был проведен большой комплекс экспериментальных работ на модельных камерах сгорания для изучения процессов горения перекиси водорода и пентаборана в научно-исследовательских институтах СССР, а затем на полноразмерных экспериментальных камерах на территории Приморского филиала НПО Энергомаш. Там было проведено около 130 испытаний, включая 22 испытания на пентаборане. В результате этих работ была подтверждена реальная возможность создания высокоэффективного двигателя на высококипящем топливе ВПВ-98 – пентаборан с удельным импульсом 380 сек, что существенно – на 50 сек – превышало удельный импульс всех ранее освоенных высококипящих топлив и на 30 сек – кислородно-керосинового топлива.

Дальнейшие работы по освоению перекиси водорода продолжались в НПО Энергомаш в начале 70-х годов. Велась разработка и экспериментальная отработка двигателя РД-510 на ВПВ и керосине. Предусматривалось создать регулируемый в широком диапазоне, с многократным запуском и большим ресурсом 12-тонный двигатель для блока мягкой посадки и взлета лунного ракетного комплекса Н1-ЛЗМ. Но в

связи с прекращением лунной программы в СССР в 1973 году работы по созданию двигателя РД-510 были продолжены как научно-исследовательские. Топливо перекись водорода и керосин имело преимущество по сравнению с освоенным высококипящим топливом АТ-НДМГ за счет повышенной плотности при практически тех же значениях удельного импульса. Кроме того, применение перекиси водорода позволяло существенно уменьшить трудности в решении проблем экологической безопасности при использовании высококипящего топлива.

Двигатель РД-510 разрабатывался по замкнутой схеме. Охлаждение камеры сгорания осуществлялась керосином. Кроме того, часть окислителя, поступающего на перепуск за турбину, использовалась для охлаждения газовада, соединяющего турбину с камерой. Это позволило улучшить массовые характеристики двигателя (его вес составил 222 кг) и уменьшить количество тепла, остающегося в конструкции двигателя после его выключения. Это обстоятельство было важным для двигателя многократного включения в полете – по техническому заданию предусматривалось 4-х кратное включение. Газогенератор двигателя разрабатывался в термokatалитическом варианте, когда меньшая доля перекиси водорода разлагалась под действием катализатора, а разложение его большей (около 75%) части осуществлялось во второй зоне за счет тепла, поступающего из первой зоны.

Первый этап отработки двигателя проходил на установках с использованием вытеснительной системы подачи компонентов топлива. В ходе работ были выбраны основные направления в разработке смесительной головки, применения завес для дополнительного охлаждения камеры сгорания. Затем были созданы экспериментальные установки с турбонасосной системой подачи топлива. Был отработан натурный ТНА и выбраны основные направления дальнейшей разработки газогенератора. После проведения ряда огневых испытаний на экспериментальных двигателях НПО Энергомаш перешел к огневым испытаниям двигателя РД-510Т – технологического варианта двигателя с фланцевыми разъемами агрегатов. Этот этап испытаний подтвердил работоспособность большинства основных агрегатов и схемы двигателя в целом (в том числе в условиях многократного запуска без съема со стенда) и соответствие его основных характеристик требованиям технического задания. Экспериментально был подтвержден удельный импульс в пустоте 329,5 сек. Исследования процессов каталитического и термokatалитического разложения перекиси водорода, испытания отдельных узлов и экспериментальных двигателей проводились на стендовой базе НПО Энергомаш. Одновременно велись работы по оптимизации исходной схемы

двигателя и разработке ее модификации, предназначенной для работы в условиях 10-кратного дросселирования двигателя до 1,5 – 2 т. Двигатель РД-510, также как и двигатель РД-502 имел возможность качания в двух плоскостях в карданном подвесе для управления вектором тяги.

В конце 70-х годов в связи с большой нагрузкой НПО Энергомаш работами по новым кислородно-керосиновым двигателям РД-170/171 и РД-120 работы по двигателю РД-510 были приостановлены. В целом в результате этих работ создан весомый научно-технический и конструкторский задел, позволяющий при необходимости начать практическую разработку двигателя на перекиси водорода в сжатые сроки.

В последующие годы в НПО Энергомаш выполнялось несколько проектов двигателей на перекиси водорода для взлетно-посадочного космического комплекса, для системы орбитального маневрирования и т.п. Среди них можно выделить разработку проекта двигателя РД-161П на перекиси водорода и керосине тягой 2,5 т в пустоте. Макет этого двигателя демонстрировался на Международном авиакосмическом салоне МАКС-1995 в Москве. Двигатель имел турбонасосную систему подачи топлива и был выполнен по схеме с дожиганием отработанного турбогаза. Газогенератор двигателя – однокомпонентный, термokatалитический: при проходе перекиси водорода через каталитический пакет происходит ее разложение с образованием горячего парогаса с температурой порядка 850°С. После срабатывания на лопатках турбины ТНА парогаз поступает в камеру сгорания, где дожигается с помощью горючего. Благодаря применению однокомпонентного газогенератора система подачи топлива и запуска РД-161П была существенно упрощена. Кроме того, двигатель имеет возможность работать и в однокомпонентном режиме – только на перекиси водорода при меньшей тяге. Удельный импульс в пустоте этого двигателя – 319 сек – может быть увеличен на 10-15 сек благодаря применению удлинительного соплового насадка из углепластика. Проект РД-161П показал возможность создания сравнительного простого и компактного ЖРД, работающего на нетоксичных экологически чистых компонентах топлива с возможностью многократного запуска и практически неограниченным временем пребывания в космосе.

Перекись водорода как окислитель была признана весьма перспективной по критерию «стоимость/эффективность». Время разработки и изготовления двигателей на перекиси водорода и керосине меньше аналогичного времени для ЖРД на жидком кислороде и керосине, и тем более ЖРД на жидком кислороде и жидком водороде. Перекись водорода и керосин является весьма удобным топливом для использования

в двигательных установках ракет, когда необходимо регулирование тяги в широком диапазоне. Кроме того, перекись водорода и керосин имеет одну из самых высоких плотностей топлива (примерно 1270 кг/м^3), баки перекиси могут быть изготовлены из алюминиевых сплавов. Использование этой комбинации может гарантировать, что затраты на разработку и поставку ЖРД и РН будут относительно невысокими и минимизируют работы по подготовке ДУ к запуску.

Несмотря на ослабевший интерес к перекиси водорода в мире, она продолжает рассматриваться в ряде проектов: либо в качестве окислителя для ЖРД, либо как рабочее тело для газотурбинных установок, либо как источник кислорода, воды и тепла для жизнеобеспечения космонавтов. НПО Энергомаш сохраняет опыт работ с перекисью водорода, который может быть применен в любом из указанных направлений.