

раслей промышленности помимо кадрового фактора, в конкурентной борьбе за лидерство крайне важными становятся и коренные перемены не только в научно-техническом и технологическом развитии, но и в организации современного производства, в появлении новых способов управления профессиональными компетенциями современных специалистов.

Библиографический список

1. Соيفер, В.А. Human fActor / В.А. Соифер // Онтология проектирования. – 2021. – Т. 11, №1(39). – С.8-19.

2. Авдонин Б.Н., Хрусталеv Е.Ю. Методология организационно-экономического развития наукоемких производств. М.: Наука, 2010.

3. Крюков И.А. Развитие высокотехнологического производства: теоретические и практические аспекты // Стратегии бизнеса. – 2021. Том 9, № 12. С.357-363.

4. Новые программы обучения цифровым технологиям запустили в Самаре. URL: <https://ssau.ru/news/19143-novye-programmy-obucheniya-tsifrovym-tekhnologiyam-zapustili-v-samare> (дата вхождения 01.09.2024).

5. Готовим специалистов для индустрии 4.0. [Электронный документ]. URL: <https://ssau.ru/news/23349-samarskoe-obozrenie-gotovim-spetsialistov-dlya-industrii-40> (дата вхождения 03.10.2024).

УДК 768.78

Орлов В.В.

ПЕРВЫЙ КРИОГЕННЫЙ

Первому полёту первого в мире самолёта на водородном топливе Ту-155 в апреле 2023 года исполнилось 35 лет. После этого полёта Ту-155 навсегда оказался вписан золотыми буквами в историю мировой авиации как первый в мире лайнер на криогенном топливе...

Коллектив «ракетного» ОКБ-2 академика Н.Д. Кузнецова, в мае 1974 г. оставшийся без главной темы после закрытия проекта Н1-Л3, с благословения Н.Д. Кузнецова занялся изучением возможности использования альтернативных топлив в авиации и создании соответствующего двигателя.

Причиной выбора такого направления послужил ажиотаж, вызванный топливным кризисом на Западе в 1972 г. В том же 1972 г. решением Военно-Промышленной комиссии (ВПК) работы по применению альтернативных топлив в авиации, проводимые ЦИАМ, ЦАГИ и институтами ВВС, были объединены в комплексный план работ под названием “Холод-1”. Этими институтами была проведена предварительная оценка различных топлив, получаемых не из нефти, и остановились на необходимости оценить возможность применения жидкого водорода.

В 1972-1974 гг. инициатором использования жидкого водорода в качестве универсального энергоносителя являлся институт атомной энергии (ИАЭ), директором которого был Президент АН СССР академик Александров А.П. В самом ИАЭ ярким сторонником жидкого водорода и руководителем этого направления был академик Легасов В.А. Именно они в августе 1974 г. заверили Кузнецова, что дешёвый жидкий водород будет к концу 70-х годов, ибо к этому есть хорошие предпосылки.

Итогом стал Приказ Министра авиационной промышленности СССР от 19 августа 1974 г., обязывающий ОКБ Кузнецова приступить к работам по использованию жидкого водорода в качестве топлива в авиации.

Работа была разбита на два этапа.

Первый этап - создание экспериментальной базы для испытания и исследования узлов, агрегатов и двигателя на жидком водороде.

Второй этап - создание экспериментального двигателя для летающей лаборатории.

Криогенный компонент топлива в ОКБ Кузнецова уже хорошо знали по работам с ЖРД. Но вопрос работы авиационного двига-

теля на жидком водороде и у нас в стране, и за рубежом был белым пятном.

На первом этапе было решено создать экспериментально-испытательную базу по водороду на так называемом Химзаводе (филиал ОКБ Н.Д. Кузнецова), т.к. его специалисты уже имели опыт работы с криогенными компонентами. Было принято решение использовать стенды, использовавшиеся для испытаний ЖРД, под работу авиадвигателей на жидком водороде.

В этой работе по оснащению базы встретились очень большие трудности. Не вдаваясь в подробности, можно утверждать, что лишь благодаря героическим усилиям руководителя Химзавода Лукашова Б.Г. необходимое оборудование для начала работ было получено, и в начале 1975 г. в ОКБ-2 смогли начать работы с жидким водородом.

Первый вопрос – где взять жидкий водород?

Через комиссию по военно-промышленным вопросам, которая составляла программы «Холод-1» и «Холод-2», работники ОКБ выяснили, что в СССР есть только два действующих производства жидкого водорода: в Узбекистане, в городе Чирчик, и на Украине в Днепродзержинском ПО «Азот». Оба эти объединения производили жидкий водород в ограниченных количествах и самым дорогим способом – электролизом воды.

Удалось добиться прикрепления для получения жидкого водорода к ПО «Чирчиказот» по цене 5600 руб. за тонну (для сравнения, применяемые в авиации разные сорта авиационного керосина стоили от 120 руб. до 200 руб. за тонну).

Второй вопрос – где и как хранить жидкий водород?

Выяснилось, что специальных хранилищ большой ёмкости никто в СССР не делал. В ОКБ приняли такое решение: закупили неиспользованные в промышленности 30-кубовые железнодорожные цистерны под жидкий водород. 8 этих ЖВЦ-30 объединили в хранилище в двухстах метрах от стенда 101 на Химзаводе.

Трубопроводов с экранно-вакуумной изоляцией наша промышленность тоже в 70-е годы не делала. Только в 1980 г. удалось ку-

пить нужное для обвязки всех систем испытательной базы Химзавод количество труб с экранно-вакуумной изоляцией.

Для ракетчиков, которые с середины 70-х годов занимались жидким водородом для комплекса «Энергия-Буран», делалась и запорная арматура, и клапаны, и трубы с экранно-вакуумной изоляцией, но получить разрешение на поставку этого оборудования ОКБ Кузнецова даже с помощью ВПК не удалось.

Оснащение Химзавода проходило очень трудно и в основном за счёт «разведывательной» деятельности по узнаванию - у кого и где не используется то или иное оборудование для криогенной техники.

Изначально за прототип был взят газотурбинный керосиновый двигатель НК-144. Очень быстро было установлено, что процесс сгорания водорода абсолютно не похож на сгорание керосина.

Но в это время кузнецовцы начали исповедовать идеологию двухтопливности двигателя, т.е. необходимости работы его и на керосине, и на водороде.

В этот же период было проведено теоретическое исследование на базе самолёта Ту-144, и расчёты показали, что при весовой доле жидкого водорода в запасе топлива 20% можно получить максимальное увеличение дальности полёта на 63% при постоянной величине полезного груза.

Однако, при обсуждении работ на программу «Холод-3» с 1979 г. по 1985 г. совместно с ОКБ Туполева было признано целесообразным сосредоточить работы на экспериментальном самолёте Ту-155 на базе пассажирского самолёта Ту-154 и экспериментальном двигателе НК-88 на базе двигателя НК-8-2У.

Первые испытания двигателя НК-8-2У начались в марте 1979 г.

Эти испытания показали, что жидкий водород подавать в камеру сгорания нельзя. Из-за развития в камере сгорания низкочастотной расходной неустойчивости. Исследования показали, что необходим минимальный подогрев жидкого водорода на 40...50 °С, т.е. его газификация.

Было признано целесообразным, учитывая пожаро- и взрывоопасность жидкого водорода, ТНА и агрегаты управления и регулирования подачи жидкого водорода в двигатель расположить в верхней части двигателя в специальном гаргроте, снабжённом системой датчиков, определяющих концентрацию возможных утечек водорода, системой создания в гаргроте нейтральной атмосферы и системой пожаротушения.

ОКБ Туполева А.А. приняло решение на экспериментальный самолёт Ту-155 поставить только один, правый двигатель, работающий на жидком водороде, а остальные два оставить керосиновыми.

В конце 1986 г. ОКБ Кузнецова подготовило двигатель НК-88 к лётным испытаниям с ресурсом 25 часов по системе топливопитания. Задержка лётных испытаний произошла из-за неготовности самолёта Ту-155.

И только 15 апреля 1988 г. был совершён первый полёт Ту-155 на жидком водороде в течение 21 минуты.

По публикациям в иностранной авиационной печати, мы на пять лет опередили Запад в применении жидкого водорода в качестве топлива для авиации.

После апреля 1988 г. было проведено ещё 5 полётов самолёта Ту-155 с двигателем НК-88 общей продолжительностью 4 часа 27 минут, после чего работы по жидкому водороду были приостановлены.

Дело в том, что уже в 1984 г. стало ясно, что обещанные способы дешёвого производства жидкого водорода не получаются и идея перевода отечественной авиации с керосина на водород вряд ли будет осуществлена из-за больших финансовых затрат.

Поэтому появилась другая идея – использовать в качестве топлива для авиации сжиженный газ.

В конце 1984 г. ОКБ провело необходимые расчёты и конструктивные проработки, результатом которых был вывод: имеющаяся жидководородную систему топливопитания с ТНА, тепло-

обменником и агрегатами управления можно применить и для СПГ с незначительными переделками:

18 января 1989 г. был совершён первый полет самолёта Ту-155 с двигателем НК-88 на СПГ.

Всего было выполнено 39 полётов общей продолжительностью 43 часа 39 минут.

По инициативе Минавиапрома начались демонстрационные полёты самолёта Ту-155 на СПГ на различные зарубежные конгрессы и авиасалоны.

Так, в октябре 1989 г. был совершён перелёт Ту-155 по маршруту Москва – Братислава - Ницца на 8 Международный конгресс по СПГ, в июле 1990 г. - в Ганновер на авиасалон, в июле 1991 г. - на 28 Международный конгресс по природному газу в Берлин.

23 апреля 1994 г. Правительство Российской Федерации издало Постановление № 368 «О создании грузопассажирского самолёта Ту-156 с двигателями НК-89, работающими на криогенном газовом топливе». Однако, ещё с 1991 г. начало существенно сокращаться бюджетное финансирование этой работы, а к концу 1994 г. оно прекратилось полностью.

Отсутствие финансирования отодвинуло проведение доводки НК-88 и НК-89 на неопределённое время.

Библиографический список

1. Орлов В.Н. Исследование применения жидкого водорода в качестве топлива для авиационных ГТД: Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, 1982.

2. Андреев В., Борисов В., Климов В., Малышев В., Орлов В. Внимание: газы. Криогенное топливо для авиации. М., Московский рабочий, 2001 г.

3. Орлов В.Н., Орлова М.В. Генеральный конструктор Н.Д. Кузнецов и его ОКБ. Волга-Дизайн, Самара, 2011.