

ВКЛАД ГЕНЕРАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА П.А. СОЛОВЬЕВА В РАЗВИТИЕ АВИАЦИИ И АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

Александр Александрович Иноземцев, генеральный конструктор ОАО "Авиадвигатель", д.т.н.



П.А. Соловьёв за рабочим столом

В этом году вся авиационная общественность отмечает знаменательную дату: 26 июня 2017 г. исполнилось бы 100 лет одному из самых выдающихся авиационных конструкторов нашей страны Павлу Александровичу Соловьёву, основоположнику практического двухконтурного газотурбинного двигателестроения.

Чем дальше уходит время, тем более значительными предстают его дела и тем крупнее видится его фигура конструктора и ученого.

Вклад П.А. Соловьёва - достойного ученика и преемника Генерального конструктора А.Д. Швецова - и коллектива ОКБ 19 в развитии отечественной военной и гражданской авиации, создавших двигатели для всемирно известных самолетов: Ла 5, Ла 7, Ту 2, Ту 4, Ли 2, Ан 2, Ил 12, Ил 14, Ту 124, Ту 134, Ил 62М, Ту 154М, МиГ 31, М 55, Ту 204, Ил 96 и вертолетов Ми 4, Ми 6, Ми 10 - настолько велик, что его трудно полностью описать и оценить.

П.А. Соловьёв пришел в ОКБ 19 в сороковом - предгрозовом году, накануне страшной войны, которая приближалась к нашим границам и которую назвали великой войной моторов.

Павел Александрович, будучи совсем молодым человеком, сразу включился в это великое соревнование конструкторов, когда платой за ошибки и задержки в создании передовой боевой авиационной техники были кровь и удлинение страданий нашего народа в жестокой войне за свою независимость.

При этом нужно признать как неоспоримый факт, что создание авиационных моторов является одной из самых наукоемких, труднейших и ответственных сфер человеческой деятельности, ибо авиационный мотор, соответствующий сути своего предназначения, где все работает на пределе - это "сгусток энергии", вбирающий при своем создании все наивысшие достижения человеческого интеллекта во множестве разделов науки и технологий: это термо- и газовая динамика, горение и прочность при высочайших нагрузках, металлургия, теория механизмов и автомати-



С Туполевым Внуково, июнь 1963 года

ческого управления и так далее.

Помимо концентрации огромной удельной энергии здесь требуются высочайшая надежность, экономическая и боевая эффективность. Занимать передовые позиции, выдержать острую конкуренцию и, тем более, совершить прорыв при создании все более эффективных авиамоторов можно только на пределе человеческих и технических возможностей, используя весь арсенал доступных новейших технологий и материалов.

Создавать такую технику и обеспечивать при этом ее высочайшие характеристики и надежность могут только творческие люди с выдающимися инженерными и организаторскими способностями, готовые своей полной отдачей делу, своей энергией, умением преодолевать неудачи и своей верой в успех зажечь других людей, создать коллектив творческих соратников-единомышленников.

Именно таким человеком, выдающимся конструктором авиамоторов и был Павел Александрович Соловьёв.

Как и большинство людей его поколения, он всего добивался сам. Безусловно, это был самородок, выходец с Волги - колыбели многих выдающихся людей.

Его родина - это край смелых и смекалистых, обладающих природной мудростью людей, каким и был Павел Александрович, ибо ясно, что только люди смелые, уверенные в себе, обладающие выдающимися конструкторскими талантом и интуицией, человеческим обаянием и искрометным чувством юмора, могли выдержать то колоссальное напряжение, то тяжелейшее и непрерывное бремя ответственности, которое постоянно несет на себе Генеральный конструктор авиамоторов для обширного эксплуатирующегося парка летательных аппаратов.

Безусловно, суровые годы войны, напряженнейший творческий труд этого периода способствовали быстрому возмужанию молодого конструктора, которому посчастливилось работать под руководством и в тесном контакте с родоначальником отечественной школы поршневых двигателей воздушного охлаждения Генеральным конструктором Аркадием Дмитриевичем Швецовым, "правой рукой" которого (первым заместителем) П.А. Соловьёв стал в 1948 году в возрасте 31 года.

При непосредственном участии П.А. Соловьёва во время войны был создан выдающийся ряд двухрядных "звезд" АШ 82, АШ 82Ф, АШ 82ФН, АШ 83, мощностью от 1500 до 1950 л.с., устанавливавшихся на истребителях Ла 5 и Ла 7, штурмовиках Су-2, скоростных бомбардировщиках Ту 2, пикирующих бомбардировщиках Пе 2 и дальних бомбардировщиках Пе 8, вклад которых в нашу победу в Великой Отечественной войне трудно переоценить.

После войны практически все новые задачи военной и гражданской авиации страны с применением поршневой техники сконцентрировались в ОКБ 19. В 1947 году создается самый мощный серийный поршневой двигатель АШ 73ТК (18 цилиндровая двухрядная звезда с двумя турбокомпрессорами наддува ТК 19) мощностью 2400 л.с. для дальнего четырехмоторного стратегического бомбардировщика Ту 4. Всего до 1953 года было выпущено 1200 бомбардировщиков Ту 4 различных модификаций фактически стоявших на вооружении ВВС до начала 60-х гг. В 1950 году прошел 100 часовое испытание четырехрядный 28-цилиндровый двигатель АШ 2К мощностью 4500 л.с. с турбокомпрессором наддува и семью пульсирующими турбинами, передававшими энергию выхлопных газов на коленчатый вал двигателя, а также проектировался еще более мощный (6000 л.с.) 36-цилиндровый двигатель АШ 3К.

На опытный бомбардировщик Ту 85 был выбран двигатель ВД 4К несколько меньшей мощности 4300 л.с., но опережавший по готовности двигатель АШ 2К. Однако, 100 тонный бомбардировщик Ту 85 в серию не пошел.

В конце 40-х - начале 50-х годов началось широкое внедрение поршневых двигателей ОКБ 19 в транспортную авиацию. Помимо установленных еще в начале войны двигателей М 62ИР на самолетах Ли 2, начинается массовое использование:

- с 1947 года двигателя АШ 82ФН - на самолетах Ил 12;
- с 1949 года двигателей АШ 62ИР, выпускавшихся более 60 лет - на самолетах Ан 2;
- с 1953 года двигателей АШ 82Т - на самолетах Ил 14;
- а также двигателей АШ 82В - на вертолетах Ми 4 и Як 42.

Все эти работы по освоению военных поршневых двигателей в транспортной авиации и вертолетостроении потребовали немало времени и усилий ОКБ 19, включая доделку базовых двигателей и создания новых вертолетных трансмиссий и редукторов.

В марте 1953 года ушел из жизни Генеральный конструктор Аркадий Дмитриевич Швецов.

Это событие произошло в переходный период в авиационном моторостроении, когда поршневая техника уже исчерпала технические возможности в попытке дальнейшего увеличения скорости и высоты полета, а также грузоподъемности летательных аппаратов, а газотурбинная техника не имела достаточно высоких КПД лопаточных машин, степеней сжатия в компрессоре и термопрочности конструкционных материалов для реализации высокоэкономичных термодинамических циклов.

Несмотря на то, что ТВД не позволяли значительно увеличить скорость полета, а ТРД имели низкую экономичность, газотурбинная техника, появившаяся еще в предвоенное время, имела важнейшие преимущества по лобовой тяге и удельной массе по сравнению с поршневой техникой и начала бурно развиваться после войны в странах - победительницах: Великобритании, СССР и США, в ряде случаев - с привлечением немецких специалистов, добившихся накануне и во время войны значительного прорыва в области реактивной техники.

Русские ученые и инженеры также внесли в довоенном периоде достойный вклад в теорию и практику создания газотурбинной и реактивной техники.

Достаточно вспомнить ракетно-турбинный ТВД офицера М.Н. Никольского, строившийся в 1914 году на Русско-Балтийском заводе для установки на самолете "Илья Муромец", патенты инженера В.И. Базарова, предложившего вполне современные схемы ТВД и ТРД (1923, 1924 гг.), теоретические работы К.Э. Циолковского и его проект компрессорно-поршневого двухконтурного ВРД (1932 г.), работа Б.С. Стечкина "Теория ВРД" (1929 г.), конструкторские работы профессора ВТИ В.В. Уварова (с 1940 г. - в ЦИАМ), начавшего работать над ГТУ в 1930 г. и создавшего экспериментальный ТВД ГТУ 3 в 1939 году с температурой перед турбиной с водяным охлаждением $T_f=1500$ К.

Во время войны под руководством В.В. Уварова были построены экспериментальные ТВД Э 3080 с $N_e=1000...1400$ л.с. при $\pi_k=7$ и $T_f=1500$ К, а также ТВД Э 3081 с $N_e=3500$ л.с.

Несомненно пионером в создании ТРД в СССР был Архип Михайлович Люлька, начавший в 1937 году в ХАИ конструктивную разработку, а с 1940 года - изготовление на Кировском заводе первого отечественного ТРД РД 1 тягой 500 кгс и $T_f=920$ К. В 1943 году А.М. Люлька возобновил работы над ТРД и в 1947 году был создан первый ТРД отечественной конструкции ТР 1 с тягой 1350 кгс.

Несмотря на большую загрузку поршневой техникой в 1946...1949 гг., в ОКБ 19 также предпринималась попытка создания ТРД с центробежным компрессором АШ РД 100 тягой 2500 кгс. Были изготовлены и испытаны 3 двигателя.

Разумеется, развитие реактивной техники велось при поддержке созданной еще в 30-е годы и ранее сети центральных научных учреждений типа ЦАГИ, ЦИАМ, ВИАМ и др. с их лабораториями, аэродинамическими трубами, испытательными стендами и теоретическими исследованиями.

Однако роль Главного конструктора, несущего прямую ответственность за выбор направления развития, концептуальный выбор схем и параметров, конкретную реализацию и эксплуатационную эффективность двигателей, оставалась решающей.

Величайшей заслугой назначенного в трудном для ОКБ 19 1953 году в возрасте 35 лет Главным конструктором П.А. Соловьева было то, что он сумел преодолеть определенный кризис, сохранил коллектив, правильно определил направления работ, нашел свои весьма перспективные ниши, можно сказать, догнал вышедших раньше и занял одно из лидирующих мест в отечественном и мировом авиадвигателестроении.

Его деятельность в области газотурбинной техники условно можно разбить на ряд этапов. Любого Генерального или Главного конструктора тех лет невозможно обвинить в недостаточной активности, но многообразие и количество реализованных и нереализованных проектов П.А. Соловьева поражает.

1-ый период - 1953...1956 годы - период поиска типа и схем реактивных и газотурбинных двигателей, когда смело брались за все: за все схемы - от турбовинтовых до прямоточных, ракетных и даже ядерных.

Здесь нужно отметить следующие разработки ОКБ 19 того периода:

1) ТВД Д 19, заложенный еще при жизни А.Д. Швецова в 1953 году, с высокими параметрами на мощность 15000 л.с. В 1953...1955 гг. велось проектирование и изготовление двигателя и редуктора.

2) Редуктор и трансмиссия к ТВД ТВ 2М ($N_e=6250$ л.с.) - для пикирующего торпедоносца Ту 91 А.Н. Туполева (1954 г.) и к ТВ 2МВ ($N_e=5500$ л.с.) - для тяжелого вертолета Ми 6 (1957 г.). Впоследствии на вертолетном двигателе газогенератор от ТВД ТВ 2Ф конструкции Н.Д. Кузнецова был заменен на газогенератор от ТРДД Д 20П.

3) Прямоточный ВРД и турбонасосный агрегат к нему (1955 год).

Однако, главный и судьбоносный выбор, определивший тематику ОКБ 19 на многие годы, был сделан в середине 1955 года, когда начали проектировать первый двигатель по двухконтурной схеме Д 20 со степенью двухконтурности $m=1.56$. Двигатель проектировался с форсажными камерами во втором контуре для установки на бомбардировщике А.Н. Туполева с $M_{max}=1.4$, способном преодолевать зону ПВО на форсажном режиме работы двигателя.

В 1955 г. были испытаны на установках 40 вариантов жаровых труб наружного контура. Велось (в задел) перспективные работы с изготовлением и испытанием 1СА турбины до $T_{вх}=1450$ К с целью создания более экономичной модификации Д 20Ф с $T_{CA}=1400$ К. В 1956 году были изготовлены 5 двигателей Д 20 без жаровых труб во втором контуре; в октябре 1956 года изготовление и доводка двигателей Д 20 были прекращены в связи с прекращением работ по самолету.

2-й период - 1956...1961 гг. - это весьма значимый период в жизни ОКБ - создание и внедрение в эксплуатацию двухконтурных двигателей Д 20П для самолетов Ту 124 и турбовального ГТД Д 25В для тяжелых вертолетов Ми 6 с уникальными трансмиссией и редуктором Р 7 мощностью 11000 л.с.

При проектировании двигателей Д 20 и Д 20П был сделан стратегический выбор ОКБ на многие годы, а именно выбраны: схема двигателя и размерность компрессора газогенератора.

Двухконтурная схема двигателя, занимая промежуточное положение между ТРД и ТВД, позволяла значительно улучшить эконо-



Ближнемагистральный пассажирский самолет Ту-124 с двигателями Д-20П



Военный транспортный вертолет Ми-10 и вертолет Ми-6 с двигателями Д-25В

мичность ТРД за счет меньших потерь с выходной скоростью, улучшить газодинамическую устойчивость компрессорной высоконапорной системы за счет естественного перепуска за КНД во второй контур, уменьшить уровень шума и тепловыделения в гондолу, а по сравнению с ТВД позволяла иметь менее сложную конструктивную схему и большую надежность за счет отсутствия редуктора и поворотных лопастей винта, большую крейсерскую скорость полета, меньшее акустическое воздействие на планер и местность.

Развиваясь по степени двухконтурности от 1 до 9...12, двухконтурная схема осталась доминирующей по настоящее время во всем мировом авиадвигателестроении.

Выбор в 1955...1956 годах размерности 7 и 8 ступенчатых компрессоров двигателей Д 20 и Д 20П позволил, не меняя размерности группы базовых ступеней, создать в будущем семейство авиационных ТРДД с тягой от 5.5 до 17.5 тс и промышленных ГТУ мощностью от 2.5 до 25МВт. Незначительному моделированию (на ~1% по диаметру)



Ближнемагистральный пассажирский самолет Ту-134 с двигателями Д-30

базовые компрессоры подверглись только в двигателях Д 30КУ/КП и Д 30Ф6, что позволило сохранить на всех ТРДД вплоть до ПС 90А газодинамически более устойчивую компрессорную схему ТРДД без подпорных ступеней на валу вентилятора.

Благодаря большей двухконтурности вследствие меньшей размерности газогенератора, а, следовательно, лучшей экономичности, а также большей устойчивости компрессорной группы двигателей Д 30КУ и Д 30КУ 154 были ремоторизованы самолеты Ил 62 и Ту 154, получившие название Ил 62М и Ту 154М, а двигателю ПС 90А с большой степенью двухконтурности и степенью сжатия в компрессоре было отдано предпочтение на конкурсе двигателей ПС 90А и НК 64 для самолетов Ту 204 и Ил 96.

Огромным мировым достижением этого периода явилось создание тяжелого вертолета Ми 6 с двигателем Д 25В. Вертолет был способен поднимать груз 20 тонн на высоту до 2500 м. и летать со скоростью до 340 км/ч. Всего было установлено 16 мировых рекордов по грузоподъемности и скорости полета.

Первый полет состоялся 5 июня 1957 года, серийное произво-



Среднемагистральный пассажирский самолет Ту-154М с двигателями Д-30КУ-154

дство началось в 1959 г., было выпущено более 4000 двигателей Д 25В и 924 вертолета Ми 6.

И если газогенератор двигателя Д 25В был использован с двухконтурного двигателя Д 20П (с добавлением 9-ой ступени в КВД), то редуктор Р 7 был уникальным техническим объектом, включающим многие новаторские конструкторские решения.

Журнал "Интеравиа" так охарактеризовал вертолеты Ми 6 и Ми 10: "При создании большого вертолета Ми 6 и "летающего крана" Ми 10 были решены такие инженерные проблемы, к которым до сих пор не осмеливаются приблизиться конструкторы западных фирм".

Вклад тяжелых вертолетов Ми 6 и Ми 10 в освоении Сибири, в особенности ее нефте-газоносных районов, трудно переоценить.

Поражают темпы, с которыми во второй половине 50-х годов создавались двигатели Д 20П и Д 25В с редуктором Р 7.

В декабре 1956 года был закончен выпуск чертежей и запущено производство деталей на первый двигатель Д 20П. В январе-феврале 1957 года были изготовлены первые три экземпляра и начато испытание экз. №1 (18 01). Всего в 1957 году были изготовлены 10 двигателей, а двигатель 18 06 в июне 1957 г. прошел 50 часовое испытание. В 1957...1959 гг. было изготовлено в кооперации с серийным заводом 42 двигателя, а двигатель 18 40 в 1959 году успешно прошел 100-часовые Госиспытания и начал производиться серийно. 29 марта 1960 г. - самолет Ту 124 совершил первый полет. Общий срок разработки, доводки (до ограниченного ресурса) и передачи в серийное производство двигателя Д 20П составил около 3-х лет.

Вертолетная силовая установка с двигателем Д 25В была создана за еще более короткий срок - 8 месяцев и в 1959 г. запущена в серийное производство. Указанные короткие сроки создания



Двигатель Д-20П Внуково 11 июля 1963 года

двигателей Д 20П и Д 25В были обеспечены наличием заделов (двигателей Д 20, ТВД ТВ 2МВ с редуктором Р 6) и широким привлечением серийного завода в производство опытных двигателей, что позволило избежать даже минимального дополнительного срока на освоение двигателя серийным заводом.

Пассажирские перевозки на Ту 124 начались в октябре 1962 года. За 18 лет эксплуатации (до 1980 года) было перевезено около 6.5 млн. пассажиров. Всего было произведено 165 самолетов и 1795 двигателей Д 20П 4-х серий.

В этот же период (1956...1960 гг.) велось проектирование и доводка весьма новаторского двигателя Д 21, значительно опережавшего свое время. Это был двухконтурный сверхзвуковой высокотемпературный (ТСА=1430 К) двигатель с общим форсажем для разведчика-перехватчика конструкции П.В. Цыбина со скоростью полета $M_{max}=2.8$.

Уникальным для того времени был сверхзвуковой регулируемый осесимметричный воздухозаборник, который проектировался в ОКБ 19 и совместно доводился на стендах ЦАГИ. Чертежами этого воздухозаборника интересовались в 80-х годах работники ОКБ Туполева. Работы по двигателю Д 21, как и по самолету Цыбина, были свернуты в связи с ракетными приоритетами.

Пионерскими начинаниями во второй половине 50-х годов были: - освоение двухконтурной схемы двигателей: двухвальной, одновальной, без смешения и со смешением потоков контуров, с относительно высокой (по сравнению с первыми зарубежными двухконтурными двигателями) степенями двухконтурности $m=1...1.5$ против $m=0.25$ одного из первых английского двухконтурного двигателя RCo.12Conway;



Дальнемагистральный пассажирский самолет Ил-62М с двигателями Д-30КУ

- применение сразу высоких параметров цикла, в частности температуры газа перед турбиной $T_{CA}=1330...1430$ К.

- создание газотурбинной вертолетной СУ двигателя большой мощности 11000 л.с. со свободной турбиной и уникальным редукто-

ром с большим передаточным соотношением.

В 3-ий период - 1963...1972 годы - были созданы двухконтурные двигатели 3-го поколения: Д 30 и Д 30КУ/КП.

При этом заслугой Павла Александровича явилось то, что, несмотря на сильный крен в эти годы на ракетные двигатели (в 1963...1964 годах в ОКБ 19 также велось проектирование нескольких крупных ЖРД), в эти же годы был спроектирован двигатель Д 30 для массового пассажирского ближнемагистрального самолета Ту 134.

Двигатель имел значительно большую степень повышения давления: $\pi_{k\Sigma}=19$ против $\pi_{k\Sigma}=14$ (Д 20П), и главное, значительно лучшие КПД всех узлов, а также имел смеситель потоков, а затем получил и реверс тяги (на Д 30 II серии).

В целом программа двигателей Д 30 была весьма успешной:

- Всего было выпущено 3490 двигателей Д 30 различных серий;

- К 2002 году общая наработка двигателей составила более 28.5 млн. часов;

- Достигнуты (в 1999 г.) одни из самых высоких в мире показателей надежности: $K_{вгл}=0.0065$ (153660 ч. на 1 выключение в полете) и $K_{дс} 1000=0.0036$

(28000 ч. на 1 досрочный съем);

- К 1991 году было перевезено уже 500 млн. пассажиров;

- Всего было построено 854 самолета, число пассажиров на борту доведено до 80 на самолете Ту 134Б 3.

В 1966 году ОКБ 19 (ПМКБ с 1966 г.) вышло с инициативой (поддержанной приказами МАП) по созданию двигателя Д 30К на тягу 11 тс для ремоторизации ДМС Ил 62, чтобы надежно обеспечить беспосадочные полеты в Западное полушарие.

Сложность проекта заключалась в необходимости не превышать существенно габариты двигателя НК 8 4 со степенью двухконтурности $m=1$ и значительно повысить экономичность (на ~13%), а также газодинамическую устойчивость СУ при повышенных углах атаки самолета, когда с крыла сходят вихри на вход в двигатели, расположенные в хвостовой части.

Поэтому была принята, в отличие от НК 8 4, схема двигателя без подпорных ступеней, что обусловило необходимость некоторого моделирования (на 11% по D) компрессора ВД двигателя Д 30. Степень двухконтурности двигателя Д 30 была увеличена более чем в 2 раза

(до $m=2.4$).

Метод моделирования был использован и для создания каскада НД: моделировались первые три ступени КНД двигателя Д 30 (на 51% по D). В связи с меньшим $\pi_{кнд}$ по сравнению с КНД Д 30, была подставлена ступень на входе в компрессор ВД. Таким образом, был реализован качественно новый 11-ступенчатый компрессор ВД с $\pi_k=11$ с плавно регулируемым ВНА (впервые в ОКБ).

Увеличенная на 100°C температура газа на входе в турбину (до $T_{CA}=1430$ К) потребовала применения более интенсивно охлаждаемой, так называемой "штырьковой" лопатки первой ступени турбины ВД.

Двигатель Д 30КУ с тягой 11 тс прошел Госиспытание в октябре 1971 года; в марте 1972 года было закончено Госиспытание двигателя Д 30КП с тягой 12 тс.

Серийное производство двигателей Д 30КУ/КП было передано в 1972 году на Рыбинский моторостроительный завод, где при участии работников филиала ПМКБ уже в августе 1972 года на РМЗ был изготовлен первый серийный двигатель Д 30КУ, что свидетельствовало о высокой производственной технологичности двигателей семейства Д 30 и Д 30КУ/КП.

Летные испытания самолета Ил 62М были проведены в 1970...1972 годах, а в 1973 году началась эксплуатация.

По сравнению с самолетом Ил 62 была значительно увеличена практическая дальность полета, что позволило надежно осуществлять беспосадочные перелеты через Атлантический океан при любом направлении ветра.

При максимальной нагрузке 23000 кг дальность возросла с 6950 км до 8270 км, а с коммерческой нагрузкой 10000 кг (100 пассажиров) с 8700 км до 10000 км. В зависимости от протяженности маршрута Ил 62М был способен принимать коммерческую нагрузку в среднем на 40% больше, чем Ил 62. Так, в полет из Москвы в Токио Ил 62М брал на борт 18 т., в то время как Ил 62 - 13 т.

Всего было построено 193 самолета Ил 62М и Ил 62МК, регулярная их эксплуатация продолжалась до конца 2008 г.

В 1980 году, спустя десятилетие после начала испытаний самолета Ил 62М, были проведены испытания ставшего еще более массовым самолета Ту 154М, на котором вместо двигателей НК 8 2У были установлены двигатели Д 30КУ 154.

В 1985 году началась регулярная эксплуатация самолетов Ту 154М за границей и на трассах Аэрофлота.

По сравнению с самолетом Ту 154Б дальность полета с полной загрузкой была увеличена от 2800 км до 3500 км, топливная эффективность увеличена на 28%.

Всего было построено 313 самолетов Ту 154М, серийное производство (на последнем этапе - мелкосерийное) закончилось в 2013 году.

Особое место как объект, на котором был установлен двигатель Д 30КП с тягой 12 тс, занимает военно-транспортный самолет Ил 76 - его основные модификации Ил 76ТД и Ил 76МД. Всего было выпущено около 1000 экземпляров, из которых примерно 400 - для ВВС.



На опытном заводе



Л.И. Брежнев, П.А. Соловьев у военно-транспортного самолета Ил-76 с двигателями Д-30КП



В сборочном цеху у двигателя Д-30

Первый полет прототипа - 25 марта 1971 года, первый полет серийной машины - 5 мая 1973 года.

Самолеты Ил 76ТД и Ил 76МД способны перевозить груз до 50 т на дальность 3700 км и 40 т - на дальность 4900 км.

Были созданы множество модификаций, способных решать весь комплекс гражданских и военных задач по грузоперевозкам и десантированию, заправке в воздухе (самолеты Ил 78), пожаротушению, госпитализации и другие.

"Самолет Ил 76 с точки зрения руководства и всего личного состава Военно-транспортной авиации навсегда останется в истории ОКБ и заводов золотой страницей". Такую оценку этому самолету дал в 2003 г. командирующий 61-ой воздушной армии ВГК (ВТА) генерал-лейтенант В. Денисов.

Всего было выпущено двигателей Д 30КП - 4900 экземпляров; Д 30КУ - 1554 экземпляра и Д 30КУ 154 - 1510 экземпляров.

Двигатели Д 30 КУ/КП оставались самыми экономичными в мире в среднем классе тяг 10...12 т, вплоть до середины 80-х годов, когда были введены в эксплуатацию двигатели типа CFM.56 3 на самолете В.737 300.

Во второй половине 80-х годов, благодаря широкой эксплуатации самолетов Ту 134, Ил 62М, Ту 154М, Ил 76ТД, более 60% всех перевозок пассажиров и грузов только в МГА производилось на самолетах с двигателями конструкции П.А. Соловьева.

4-ый период деятельности П.А. Соловьева на посту Главного конструктора - 70-е годы - были посвящены, в основном, созданию военного двигателя Д 30Ф6. Необходимо было, опираясь на имеющуюся конструктивную (главное, на компрессорную) базу создать многорежимный двигатель с выдающимся комплексом тягово-экономических и эксплуатационных характеристик для дальнего многоцелевого перехватчика с максимальной скоростью 3000 км/ч ($M_{\max}=2.83$). Нужно сказать, что ОКБ само сознательно и заранее готовилось к освоению сверхзвуковой области полетов. Еще в декабре 1965 года в инициативном порядке была создана бригада под руководством В.М. Чепкина, которой было поручено отработать для ТРДД Д 30 общую форсажную камеру (ФК) за смесителем и регулируемое сопло. В 1966 году началось изготовление ФК и установок по испытанию двигателя Д 30Ф (изд.38) с ФК. В 1967 году был изготовлен и испытан двигатель 38-01 на тягу $R_{\phi}=11.5$ тс, который в начале 1968 года прошел 25 часовое испытание. В 1971 году двигатель 38 04 испытывался на стенде Ц2 в ЦИАМ для проверки работы ФК при малых давлениях.

С 1970 года началось проектирование более мощного ТРДДФ на тягу 16 тс - двигателя Д 30Ф6, предназначенного для значительного развития тактико-технических возможностей самолета МиГ 25 с ТРДФ Р15Б 300.

Создание двигателя Д 30Ф6 - это образец нахождения наименее рискованных, наименее дорогостоящих решений с максимальным сохранением преемственности важнейших узлов (прежде всего - компрессорных) при достижении значительно новых качеств разрабатываемых изделий. Именно этими принципами, сочетанием новаторской смелости и осторожности, всегда руководствовался П.А. Соловьев при выборе концепции создания того или иного двигателя, учитывая все требования ТЗ и прочие обстоятельства.

Перед созданием двигателя Д 30Ф6 для многорежимного сверхзвукового самолета нужно было решить (для выполнения ТЗ) ряд малоизученных вопросов для такого типа двигателей ($c_{\text{вх макс}}=290^{\circ}\text{C}$ и $P^*_{\text{вх макс}}=2.3$ кгс/см²):

1) выбор основных параметров m , $\pi_{\kappa\Sigma}$, T_{CA} ;

2) выбор программ и параметров регулирования основного и форсажного контуров;

3) выбор конструктивных решений по узлам турбокомпрессора, ФК, регулируемому соплу, тепловой защите подшипниковых узлов, топливомасляной системе, системе автоматического регулирования и др.

Принятые под руководством П.А. Соловьева в 1970 году решения, которые в ряде организаций подвергались сомнениям, в большинстве своем оказались правильными, в частности, параметры $m=0.5$, $\pi_{\kappa\Sigma}=22$, $T_{CA}=1640\text{K}$ стали классическими для большинства отечественных и зарубежных, позже спроектированных, военных многорежимных ТРДДФ.

Новым решением явилось применение так называемой "температурной раскрутки" с увеличением скорости полета, т.е. повышение T_{CA} на 150°C (от $T_{CA0}=1490\text{K}$ до $T_{CA\max}=1640\text{K}$), позволившее получить рекордно крутую для ТРДДФ скоростную характеристику $R_{\phi}=f(M)$. При этом впервые в мире на серийном двигателе был внедрен воздухо-воздушный теплообменник в системе охлаждения турбины.

Выбор относительно низконапорной компрессорной группы: КНД - от двигателя Д-30 с добавлением ступени впереди и КВД - от двигателей Д-30КУ/КП без первой ступени - позволили избежать длительной доводки компрессора и обеспечить его газодинамическую устойчивость при высоком уровне как внешних (со стороны воздухозаборника), так и внутренних возмущений (приемистость, включение форсажа и др.).

Первый полет с опытными двигателями Д 30Ф6 самолет МиГ 31 совершил 16 сентября 1975 года.

После энергичного преодоления ряда неизбежных в ходе доводки трудностей, в частности, по подшипниковым узлам, виброгирению в ФК, регулируемому соплу, системам автоматического регулирования, обеспечению прочности ряда узлов и деталей - с 1977 года освоено производство двигателей на серийном заводе, а в декабре 1979 года двигатель Д 30Ф6 (48 35) выдержал Госиспытания.

Это была большая и признанная победа всего коллектива ОКБ под руководством П.А. Соловьева. По напряжению и самоотдаче всего коллектива труд при создании двигателя Д 30Ф6 напоминал труд в военные годы.

Создание двигателя Д 30Ф6 - это пример успешной реализации государственной программы с участием десятков НИИ и предприятий авиационной отрасли и МО - под руководством Генерального конструктора П.А. Соловьева.

Выполнение жестких требований к двигателю Д 30Ф6 позволили создать уникальный воздушный оборонный комплекс - дальний перехватчик МиГ 31 - для борьбы с самыми различными воздушными наступательными целями от КР на сверхмалых высотах до стратегических целей на больших высотах и удалениях. Группа из четырех самолетов МиГ-31 может контролировать воздушное пространство по фронту 1100 км.

Благодаря высоким тягово-экономическим характеристикам двигателя самолет МиГ 31 обладает большой скороподъемностью, набирая за 7.9 мин. высоту 20 км с разгоном до большой скорости, а для демонстрации возможностей самолета по дальности полета летчик Роман Таскаев перелетел из Мурманска в Анадырь (Чукотка) через Северный полюс без посадки с дозаправкой топливом в



Двигатель Д-30Ф6 на испытательном стенде



Истребитель-перехватчик МиГ-31 с двигателями Д-30Ф6

воздухе от самолета-танкера Ил 78.

В 2016 году самолет МиГ 31БМ установил рекорд беспосадочной дальности более 8000 км, проведя в полете 7 часов с дозаправками в воздухе. В 1997 г. летчик-испытатель А.В. Федотов достиг высоты 37650 м. Этот рекорд до сих пор не побит.

Официально к концу 1994 года всего было построено более 500 самолетов МиГ 31 и МиГ 31БМ и выпущено более 1500 двигателей.

Летчик-испытатель самолета МиГ 31 Валерий Меницкий: "Я могу с полной уверенностью сказать: такого самолета нет ни у Соединенных Штатов, ни у наших европейских оппонентов. В данном комплексе заложены громаднейшие потенциальные возможности".

Командир пермского авиаполка МиГ 31 Валерий Григорьев: "МиГ 31 - это один из лучших самолетов всех времен и народов, непревзойденный шедевр авиастроения... Нет другого серийного самолета в мире, который летает со скоростью 3000 км/ч и способен на такой большой дальности обнаруживать цели".

На базе двигателя Д 30Ф6, исключив форсажную камеру и регулируемое сопло, был создан двигатель ПС 30В12 для уникального высотного самолета М 55 "Геофизика", равного которому в мире до сих пор нет. Совершив первый полет в 1988 году М 55 установил 16 мировых рекордов. М 55 может совершать длительный полет (до 6 часов) на высоте свыше 20 км, неся до 1.5 тонн приборного оборудования, участвуя в международных программах по исследованию верхних слоев атмосферы.

5-ым (к сожалению, завершающим) периодом деятельности Павла Александровича был период создания двигателя ПС 90А на посту Генерального конструктора - 1980...1989 годы и в качестве советника - 1989...1996 годы.

Потребность обновления парка отечественных магистральных пассажирских самолетов с целью значительного улучшения их топливной эффективности (в 1.5...2.0 раза) и обеспечения новейших требований ИКАО по шуму и эмиссии ВВ назрела еще в 70-е годы, когда на трассы вышло новое поколение магистральных самолетов типа В747, DC 10, L 1011, А300 и др. с двигателями увеличенной степени двухконтурности ($m=4...6$).

Вслед за созданием ТРДД Д 30КУ/КП (с $m=2.4$) с начала 70-х годов в ПМКБ велись широкие расчетно-конструкторские работы по нескольким вариантам двухвального ТРДД Д 70 с повышенной степенью двухконтурности ($m=4...5$) и тягой 14.5...15.5 тс на базе газогенератора ТРДД Д 30КУ/КП.

Главной причиной того, что двигатель типа Д 70 не был создан в 70-е годы, как известно, явилось то, что коллектив ПМКБ был сосредоточен на решении весьма сложной и ответственной задачи - создании высокопараметрического ТРДДФ Д 30Ф6 для сверхскоростного дальнего перехватчика с $M_{\max}=2.83$, потребовавшей большого напряжения и полной самоотдачи всего коллектива ПМКБ.

Тем не менее, проработки Д-70, создание ТРДД Д 30А - с одноступенчатым вентилятором и ТРДДФ Д 30Ф6 подготовили к концу 70-х годов базу для создания высокопараметрического ТРДД повышенной степени двухконтурности 4 поколения. Этот двигатель уже соответствовал разрабатываемому новому поколению зарубежных ТРДД типа PW4000, PW2037, V2500, CF6 80C2, отличавшимися улучшенной экономичностью: $C_{R_{кр}}=0.575...0.59$ кг/кгс*ч против $C_{R_{кр}}=0.63...0.65$ кг/кгс*ч у ТРДД предыдущего поколения JT9D, CF6-50 и RB211.

После предварительных проработок различных схем двигателя (включая трехвальную) и различных размеров газогенератора (от Д 30КУ и Д 30) П.А. Соловьевым было принято стратегически важное решение использовать КВД меньших размеров (в размерах КВД двигателя Д 30): меньшая размерность газогенератора давала ряд преимуществ как для проекта ПС 90А, так и для возможных будущих модификаций, а именно:

- могли быть реализованы большая степень двухконтурности (при ограничении СУ по габаритам) и меньшая масса двигателя;
- представлялась возможность модификации двигателя с сохранением газогенератора в сторону меньших тяг, актуальных для

110...150-местных самолетов (проекты ТРДД ПС 90А10, А12).

К декабрю 1982 года был изготовлен первый газогенератор с 13 ступенчатым компрессором в принятой размерности двигателя Д 30.

Исторической заслугой П.А. Соловьева является выбор облика и создание высокопараметрического газогенератора для ТРДД ПС 90А, имевшего весьма эффективный турбокомпрессор ВД с $\pi_{кВД}=16$ в 13 ступенях и двухступенчатую турбину с $T_{СА\max}=1640$ К, который открывал широкие возможности для создания на его базе семейства эффективных ТРДД и ТВВД в классе тяг 10...22 тс для различных классов транспортных самолетов и, что не менее важно, современных высокоэффективных промышленных ГТУ в актуальном ряду мощностей 10, 12, 16, 25 МВт - без моделирования и до 65, 180, 250 МВт - при соответствующем моделировании базового газогенератора. Всего выпущено более 650 ГТУ на базе газогенератора двигателя ПС-90А.

Еще при жизни П.А. Соловьева, работавшего в должности советника, в 1994 году был спроектирован 14 ступенчатый компрессор с $\pi_{к\Sigma}=23$, который используется в серийной промышленной газотурбинной установке ГТУ 16П мощностью $Ne=16$ МВт.

Для сравнения, 14 ти ступенчатый компрессор ТРДД CF6 80C2, введенный в эксплуатацию в конце 80 х годов на самолетах типа А310 и В767, имел степень сжатия $\pi_{кКВД\max}=11.9$. Компрессор с $\pi_{кКВД}=23$ в 10 ступенях был введен в эксплуатацию на двигателе GE90 только в 1995 году.

В декабре 1983 года первый опытный двигатель 94 01, изготовленный с участием серийного завода, был поставлен на испытательный стенд и показал близкие к расчетным данные.

В марте 1985 года конкурсная комиссия МАП признала победителем конкурса на унифицированный двигатель с тягой 16 тс для самолетов Ту 204 и Ил 96 - ТРДД Д 90А, как показавший на прямых сравнительных испытаниях в июне и декабре 1984 года лучший на 4% удельный расход топлива и меньшую на 150 кг взвешенную сухую массу по сравнению с ТРДД НК 64.

В конце 1985 - начале 1986 г. после Постановления ЦК КПСС и СМ СССР, поручившего разработку нового двигателя Пермскому МКБ, была принята комплексная программа, предусматривающая создание 52 экземпляров двигателей до 1989 года и выполнения комплекса сертификационных работ.

Двигатель Д 90А, переименованный в 1987 году в связи с 70 летием Генерального конструктора П.А. Соловьева, в двигатель ПС 90А, как и двигатель Д 30Ф6, занимает особое место в ряду двигателей, созданных под руководством П.А. Соловьева.

При высокой конструктивной преемственности с семейством двигателей Д 30: 11 ступенчатый КВД Д 30КУ (с добавлением нулевой и 13-ой ступени, в размерах КВД Д 30); конструкция и технология высокотемпературной турбины ВД двигателя Д 30Ф6; конструкция и технология 4-х ступенчатой турбины НД двигателя Д 30КУ и при следовании всем принципам конструкторско-технологической и методологической школы, выработанной П.А. Соловьевым, был создан качественно новый продукт - высокоэкономичный и экологически чистый авиационный двигатель широкого применения в актуальном классе тяги 16 тс, обладающий комплексом основных признаков, характеризующих технический уровень, которые ставили этот двигатель в один ряд с лучшими зарубежными двигателями близкого класса тяги и назначения, а именно:

- высокими параметрами термодинамического цикла:
- степень сжатия в компрессоре $\pi_{к\Sigma}=38.0$,
- температура газа на выходе из СА турбины ВД $T_{СА\max}=1640$ К;
- высокой экономичностью на крейсерском режиме $C_R=0.595$;
- применением современных технологий и материалов, в частности:

- 1) дисков, полученных методом порошковой металлургии,
- 2) лопаток турбины ВД, отлитых с направленной кристаллизацией,
- 3) композиционных материалов в наружных корпусных деталях,
- 4) сотовых шумопоглощающих панелей;
- применением высокоточной многофункциональной электрон-



П.С. Соловьев со своим молодым заместителем А.А. Иноземцевым

но-цифровой системы автоматического регулирования с полной ответственностью и резервированием высокого уровня, обеспечивающие управление всеми процессами в двигателе и интеграцию с системами контроля и диагностики двигателя и управляющими системами самолета;

- применением новейших систем улучшения экономических и эксплуатационных характеристик двигателя, а именно систем:

- 1) активного управления радиальными зазорами в компрессоре и турбинах ВД и НД,
- 2) управления расходом охлаждающего воздуха, контроля теплового состояния лопаток турбины с помощью оптического пирометра,
- 3) автоматического увеличения тяги двигателя при отказе второго двигателя при взлете,
- 4) запуска, приемистости и дросселирования двигателя по приведенному ускорению ротора ВД,
- 5) автоматической защиты от помпажа компрессора;

- реализацией новейших принципов контроля, ремонтпригодности и эксплуатационной технологичности в целом за счет развитых систем контроля, диагностики и регистрации, применения модульности конструкции;

- получения удовлетворяющих требованиям ИКАО акустических и эмиссионных характеристик.

Двигатель ПС 90А стал объектом реализации, можно сказать, национальной программы, в которой участвовали десятки опытно-конструкторских организаций, отраслевых и академических институтов и серийных (производственных) предприятий.

В процессе поузловой доводки на специальных стендах было проведено большое количество автономных испытаний большинства узлов и их основных деталей. На начало 1985 года в ПМКБ было задействовано около 65 экспериментальных установок.



Самолет Ил-96М с двигателями ПС-90А

Общее количество испытаний двигателя ПС 90А в процессе сертификации по специальным программам (ЕНЛГ-С), включая испытания по обрыву рабочих лопаток, по защите от раскрутки ротора ТНД, титановому пожару, режиму ЧР ($\vartheta_{ТСА}=45^{\circ}\text{C}$), попаданию на вход града, льда, воды и птиц, составило 63 испытания. Для сравнения: по двигателю Д 20П было проведено 4 специспытания, по Д 30 - 16 специспытаний, по Д 30КУ и Д 30КП - 14 специспытаний. К моменту предъявления на ГСИ суммарная наработка двигателей по всем видам испытаний составила около 28000 часов, из которых наработка на стендовых испытаниях составила около 21400 часов, а 6600 часов - составили летные испытания.

В декабре 1987 года были начаты летные испытания на самолете Ил 76ЛЛ.

В марте 1988 года был собран первый двигатель, изготовленный на серийном производстве.

29 сентября 1988 года состоялся первый полет самолета Ил 96 300, а 2 января 1989 года - первый полет самолета Ту 204.

В августе 1991 года двигатель ПС 90А успешно прошел ГСИ, акт ГСИ был утвержден в декабре 1991 года.

В апреле 1992 года двигатель ПС 90А получил Сертификат летной годности и стал первым отечественным двигателем, прошедшим сертификацию в полном объеме гл. 6 ЕНЛГС-3.

14 июля 1993 года самолет Ил 96 300 совершил первый коммерческий рейс по маршруту Москва - Нью-Йорк.

В 1995 году начал коммерческие грузовые перевозки самолет Ту 204, а 23 февраля 1996 года состоялся первый пассажирский рейс Москва - Минводы.

В августе 1995 года совершил первый полет транспортный самолет Ил 76МФ с двигателями ПС 90А-76.

Общий парк двигателей ПС 90А, 90А 76, 90А1 и 90А2 насчитывает к марту 2017 года 368 штук, а суммарная наработка парка воздушных судов составила 3.845 млн. часов. Всего к концу 2016 года было выпущено 463 двигателя семейства ПС-90А.

Наработка лидерных двигателей с начала эксплуатации: ПС 90А - 43707 часов и ПС 90А 76 - 36531 часов.

Максимальная наработка двигателя без съема с крыла: ПС 90А - 11071 часов и ПС 90А 76 - 14017 часов.

Двигатель ПС 90А, роль П.А. Соловьева в выборе концепции и создании которого была решающей, являясь высокотехнологическим национальным продуктом, имеет все основания для долгой и достойной жизни в авиации 21 века.

Подтверждением этому заключению является активно проводимая модернизация самолетов Ил 76ТД/МД заменой двигателей Д 30КП на двигатели ПС 90А 76, что позволяет самолетам Ил 76ТД/МД 90 увеличить дальность полета с полной нагрузкой на 800 км и снять все ограничения по экологическим характеристикам для полетов во все районы мира.

Признанием высокого доверия к авиодвигателям конструкции П.А. Соловьева является тот факт, что в "Специальном летном отряде "Россия" сегодня "служат" 28 самолетов с пермскими двигателями.

За период, охватывающий четыре десятилетия с начала 50-х до начала 90-х годов прошлого столетия под руководством П.А. Соловьева было разработано и запущено в серийное производство не менее 15 авиационных газотурбинных двигателей различных схем и назначений, включая ряд модификаций.

Основными особенностями развития семейства двигателей Пермского ОКБ за эти годы являются:

- рост взлетной тяги разработанных двигателей, значение которой увеличилось более, чем в 3 раза: с 5500 кгс у Д 20П до 17400 кгс - у ПС 90А1 при сохранении высокой преемственности компрессора внутреннего контура, что позволило значительно сэкономить материальные и временные затраты при создании всего семейства двигателей;

- повышение экономичности двигателей на ~35%:

от $C_{RKP} = 0,915$ кг/кгс ч (Д-20П) до $C_{RKP} = 0,595$ кг/кгс ч (ПС 90А) за счет значительного повышения степени двухконтурности от $m=1$ (Д 20П) до $m=4.4$ (ПС 90А), основных параметров цикла

от $\pi_{к\sigma} = 14$ (Д 20П) до ≈ 37 (ПС 90А) и от ТСА макс = 1330 К (Д 20П) до ТСА макс = 1640 К (ПС 90А и Д-30Ф6);

- снижение удельной сухой массы двигателей на ~35%: от $\gamma = 0.266$ кг/кгс (Д 20П) до ≈ 0.170 кг/кгс (ПС 90А) при увеличении диаметра вентилятора:

от $D_B = 915$ мм (Д 20П) до $D_B = 1900$ мм (ПС 90А) и, соответственно, суммарного расхода воздуха:

от $G_{в\sigma} = 114$ кг/с (Д 20П) до ≈ 500 кг/с (ПС 90А);

- развитие всех узлов и систем до уровня двигателей 4-го поколения: применение новых материалов и конструкций в горячих узлах, получение нормируемых экологических характеристик, внедрение электронно-цифровой системы регулирования, контроля и диагностики, позволяющей вести эксплуатацию по техническому состоянию.

Таким образом, в процессе создания под руководством П.А. Соловьева семейства газотурбинных двигателей различного назначения были последовательно разработаны и впервые в стране реализованы ряд новых объектов и технических решений:

- первая серийная газотурбинная вертолетная силовая установка, включавшая 2 двигателя Д 25В со свободной турбиной и редуктор Р 7 (1959 год);

- первый серийный двухконтурный двигатель Д 20П (1959 год);

- первая серийная турбина с внутренним воздушным охлаждением рабочих лопаток (двигатель Д 30, 1964...1967 гг.);

- первая общая форсажная камера за смесителем ТРДД (двигатель Д 30Ф, 1967 год);

- первый серийный ковшовый реверс внешнего расположения (двигатели Д 30КУ/КП, 1968...1971 гг.);

- первая силовая установка с 4-мя двигателями общей мощностью 26000 л.с. для самого грузоподъемного вертолета, когда-либо построенного в мире. 6 августа 1969 года вертолет В 12 поднял груз 44205 кг на высоту 2255 м. Силовая установка состояла из 4х двигателей Д-25ВФ, 2-х редукторов Р 12, связанных синхронизирующими устройствами (1968...1973 гг.);

- первый серийный воздухо-воздушный теплообменник в системе охлаждения рабочей лопатки турбины (двигатель Д 30Ф6, 1974...1979 гг.);

- первый серийный электронный цифровой регулятор двигателя с полной ответственностью РЭД 3048 (двигатель Д 30Ф6, 1977...1979 гг.);

- первый серийный двухконтурный многорежимный двигатель с общей форсажной камерой, рассчитанный на максимальную скорость полета 3000 км/ч ($M_{\max} = 2.83$) - Д 30Ф6 (1970...1979 гг.);

- первые серийные высоконапорные однокаскадные компрессоры ВД:

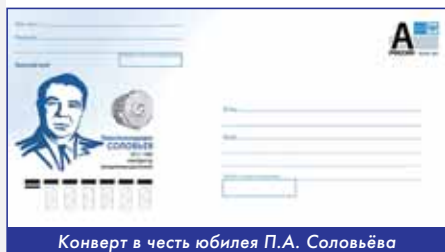
на $\pi_{к\max} = 16.5$ в 13-и ступенях (двигатель ПС 90А, 1982...1991 гг.) и

на $\pi_{к\max} = 23.0$ в 14-и ступенях (ГТУ 16П, 1994...1997 гг.);

- первый (единственный в России) двигатель 4-го поколения ПС 90А для магистральных самолетов, сертифицированный по российским и международным нормам безопасности и экологическим нормам ИКАО, эксплуатирующийся по техническому состоянию в пределах установленных циклических ресурсов основных деталей с максимальными достигнутыми наработками лидерного двигателя ПС 90А - 43707 часов и без съема с крыла: 11071 часов (ПС 90А) и 14017 часов (ПС 90А 76) (годы создания 1983...1991).

Методологическими приемами и стратегическими концепциями, которые выработал и последовательно осуществлял Павел

Александрович Соловьев, определившими успешный и широкий выход в 60е..80е годы на гражданский и военный рынок (в условиях жесткой конкуренции с не менее известными ОКБ)



Конверт в честь юбилея П.А. Соловьёва

пермских двигателей Д 20П, Д 30, Д 30КУ/КП, Д 30Ф6, ПС 90А и их модификаций были:

- принятие концепции "стояния на двух ногах" - гражданское и военное двигателестроение;

- своевременное принятие двухконтурной схемы ТРД (в 1955 году), которая стала доминирующей во всем мире, как в гражданской, так и в военной авиации;

- выбор оптимальной размерности и типа компрессора ВД, начиная с компрессора Д 20 (1955 год), позволившие сохранить на долгие годы ядро двигателя - базовую группу 7 ступеней во всех разработках, включая двигатель ПС-90А с подстановками ступеней спереди и сзади и с незначительным (на +11% по D) моделированием для двигателей Д 30КУ/КП и Д 30Ф6, что позволило создать ряд ТРДД с тягой от 5.5 тс до 17.5 тс, а затем и ряд ГТУ с мощностью от 2.5 до 25 МВт с одной размерностью базовых ступеней КВД и сэкономить немало времени и средств;

- решительное применение с первых проектов высоких параметров цикла: температуры газа перед турбиной до ТСА=1400 К для опытных военных двигателей Д 20Ф и Д 21 и степени сжатия в компрессоре до $\pi_{к\sigma} = 14$ (двигатель Д 20П);

- особо важным концептуальным принципом П.А. Соловьева было нахождение наименее дорогостоящих и наименее рискованных решений с сохранением максимально возможной преемственности при достижении при этом принципиально новых качеств разрабатываемых объектов;

- создание научно-технических заделов и широкое использование установок для поузловой аэродинамической и прочностной доводки;

- широкая, на возможно ранней стадии, кооперация с серийным заводом, значительно сокращающая сроки доводки опытных двигателей и переход к серийному производству.

Принципом "Школы Соловьева" можно назвать: "Высокая эффективность при минимальных затратах, как высшее проявление подлинного профессионализма". КПД его деятельности и деятельности не самого крупного Пермского ОКБ был необычайно велик, и роль П.А. Соловьева в достижении этого КПД была определяющей.

И, хотя П.А. Соловьев всегда искренне говорил: "Один человек ничего не может - делает всегда коллектив", но все же - это тот случай, когда так немногим (в данном случае П.А. Соловьёву) обязаны так многие.

Опираясь на творения наших великих предшественников и учителей, таких, как Павел Александрович Соловьев, сохраняя верность его традициям и принципам, продолжая развивать его достижения, коллектив "ОДК-Авиадвигатель" в новых условиях напряженной работы, реализуя с применением новейших технологий и материалов сверхвысокие параметры авиационных двигателей нового поколения.

Россия была и будет великой авиационной державой.



П.А. Соловьёв в кабинете