

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ВЕРТОЛЁТНЫХ ГТД



ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова

Юрий Иванович Добряков, к.т.н.
Дмитрий Александрович Боев

История вертолётки древнее, чем у других летательных аппаратов. Психологически "ввинчивание в воздух" представлялось более естественным, чем полёт на неподвижном крыле. Почти таким же реальным, как машущий полёт. И винтолётов разного типа напроецировали за историю человечества не меньше, чем махолётов. Но "летающим на винте" повезло больше, чем махолётам: они в конце концов реально полетели.

Известно, что винтокрылые машины конструировал ещё Леонардо да Винчи. Действующую модель вертолётки собственного производства "Аэродромическую машину" демонстрировал академиком М.В. Ломоносов. Вертолёт с двигателем различного типа, служащий летательным аппаратом, в начале прошлого века конструировали многие конструкторы - Сикорский, Гризодубов, Латам, Фоккер и многие другие. Типов винтокрылых машин нарабаталось за это время превеликое множество, но в основном это получались "машины для поднимания вертикально вверх". 18 мая 1911 года Б.Н. Юрьев опубликовал "схему одновинтового вертолётки с рулевым винтом и автоматом перекося лопастей". А в 1922 году профессор Георгий Ботезат, эмигрировавший после революции из России в США, построил по заказу армии США первый устойчиво управляемый вертолёт, который смог подняться в воздух с грузом на высоту 5 м и находиться в полёте несколько минут. Началось массовое конструирование, а затем (с середины века) и производство вертолётки, как рабочей машины.

Первоначальное название машины "геликоптер" было заимствовано из французского языка (фр. helicoptere) уже в конце XIX века. Во французском языке, в свою очередь, слово создано из корней греческого языка (др.-греч. ελιξ, родительный падеж ελικος "спираль, винт" и πτερον "крыло"). Общество, самым активным деятелем которого был поэт и художник Велемир Хлебников, ставившее целью исследование русских аналогов свалившихся на нас в начале XX века в массе технических терминов, ранее неизвестных в языке (результатом его работы был "самолёт" взамен "аэроплана" или, скажем, "водитель" взамен "шофера"), много работало над переименованием винтокрылой машины. Однако предложенные "винтокрыл" или "свинтопруль" как-то не прижились. Считается, что авторство слова "вертолёт" (от "вертится" и "летает") принадлежит Н.И. Камову. Самым ранним документом, в котором употребляется "вертолёт", является Протокол заседания Технической комиссии Центрального Совета ОСОАВИАХИМ под председательством Б.Н. Юрьева датированный 8 февраля 1929 г. Заседание Комиссии было посвящено рассмотрению проекта автожира КАСКР-1 инженеров Н.И. Камова и Н.К. Скржинского. Новое слово прижилось, как синоним слова "геликоптер", а "автожир" остался в русском языке в своём первоначальном значении. Интересно, что в русском языке название "верто-

лёт" вернулось уже в послевоенные времена, пройдя через именование американской фирмы "Vertol", (где, кстати, рассматривалось как аббревиатура типа данной техники: "VERTical Take-Off and Landing aircraft" - "воздушное судно вертикального взлёта и посадки"); впрочем, учитывая русские корни всех американских вертолётных фирм и их знакомство с работами Камова, вопрос стоит оставить открытым). В 1959 году советская делегация, в состав которой входил и разработчик первых советских серийных вертолётков М.Л. Миль, приобрела в США образцы американских вертолётков Sikorsky S-58 и Vertol V-44. Примерно с этого времени слово "вертолёт" в русском языке окончательно вытеснило термин "геликоптер" для обозначения этих аппаратов.

В СССР, в 1926 году в РСФСР в ЦАГИ была сформирована "геликоптерная группа", которую возглавил А.М. Черёмухин. Результатом работы этой группы стал первый управляемый вертолёт ЦАГИ-1ЭА, совершивший свой первый полёт в сентябре 1930 года. Силовая установка ЦАГИ-1ЭА включала два РПД М-2 по 120 л.с. каждый. Взлётная масса - 1145 кг. Полёт прошёл на высоте 10...12 м над землей. Для первых лётных испытаний было предложено прикрепить вертолёт тросом к старту, чтобы не дать машине взлететь на высоту более нескольких метров и исключить опасность крушения в случае падения его с высоты.

Первый серийный советский вертолёт - Ми-1 разработан в ОКБ под руководством М.Л. Милия. В 1948 году лётчик-испытатель М.К. Байкалов совершил на Ми-1 первый полёт с поступательной скоростью. В 1950 году были завершены государственные испытания, вертолёт пошёл в серийное производство.

С 1952 года Ми-1 начал выпускаться на Казанском вертолётном заводе, что положило начало крупносерийному производству вертолётков в нашей стране. В мае 1954 года вертолёт был введён в эксплуатацию в Гражданской авиации. 8 января 1956 года Ми-1 совершил свой первый полёт в Антарктиде.

В СССР производство вертолётков доходило до более чем 900 вертолётков в год

В середине прошлого века в СССР в эксплуатации находилось два типа одновинтовых вертолётков Ми-1 и Ми-4. В их силовых установках использовались поршневые двигатели - соответственно АИ-263 (мощность 580 л.с.) и АШ-82В (мощность 1700 л.с.).

Всего было выпущено 2880 вертолётков типа Ми-1 и 3307 вертолётков типа Ми-4.

Однако успешный опыт использования США вертолётков с ГТД во время войны в Корее и начавшееся применение ГТД на вертолётках Франции и Англии свидетельствовали о перспективности этого типа двигателей по крайней мере при потребных мощностях порядка 500 л.с. и выше. В основном это вытекало из за существенных преимуществ по массово-габаритным показателям.



Таблица 1. Конструктор, основные данные и параметры цикла

Марка двигателя	Главный (генеральный) конструктор	Мощн. взлетная (л.с.)	Удельн. расход топлива (кг/л.с.ч.)	Мощн. чрезвычайная (л.с.)	T_r^*, K расчётная	π_c^* степень повышения давления компрессора расчетная
Д-25В	Соловьев П.А.	5500	0,287	5500	1160	5,6
ГД-3М	Глушков В.А.	1000	0,300	1000	1140	6,5
ГД-350	Изотов С.П.	400	0,365	400	1200	6,0
ТВ2-117А	Изотов С.П.	1500	0,275	1700	1125	6,6
ТВ3-117	Изотов С.П.	2200	0,230	2400	1265	9,6
Д-136	Муравченко Ф.М.	10000	0,198	11400	1478	18,3
ТВ-О-100	Пащенко В.С.	730	0,260	730	1300	9,2
РД-600В	Новиков А.С.	1300	0,215	1550	1500	14,4
ВК-800В	Саркисов А.А.	800	0,238	1000	1300	8,0
ТВ7-117В	Саркисов А.А.	2800	0,200	3750	1525	16,0
ВК-2500	Саркисов А.А.	2400	0,210	2700	1295	10,0

Ведущие разработчики отечественных вертолетов М.Л. Миль и Н.И. Камов представили руководству СССР обоснование необходимости разработки в стране специализированных вертолетных ГТД. Они обратились также в Министерство авиационной промышленности с просьбой о создании в рамках ЦИАМ специализированного подразделения для научного сопровождения этих разработок.

В таблицах 1, 2 и 3 в хронологическом порядке (по году начала разработки проекта) представлены основные сведения о всех разработанных и разрабатываемых в стране (включая СССР) вертолетных ГТД. В таблице 1 в графе "Главный (генеральный) конструктор" представлен руководитель, при котором был начат проект данного двигателя [1 - 5, 7].

Как видно из таблицы 1, в течение 1957 - 1959 гг. у разных разработчиков было начато проектирование 4 вертолетных ГТД на мощность 400, 1000, 1500 и 5500 л.с. Причем первые три двигателя были оригинальными разработками (ГД-3М, ГД-350 и ТВ2-117), а двигатель Д-25В создавался на базе самолётного ТРДД (Д-20П).

Двигатель Д-25В был создан в течение 2 лет и уже в 1959 г. было начато его серийное производство. Двигатель ГД-350 разрабатывался в течение 4 лет, ТВ2-117 - 5 лет, а ГД-3М - 6 лет. В 1964 - 1965 гг. началось их серийное производство.

Таким образом, в течение относительно короткого времени (4-8 лет) вертолетными ГТД были оснащены вновь создаваемые двухдвигательные (для надежности) вертолёты: легкий Ми-2, корабельный (противолодочный) Ка-25, средний Ми-8 и тяжёлый Ми-6.

В таблицах 1 и 2 представлены основные данные, основные параметры рабочего процесса и конструктивные особенности этих двигателей. На период создания по этим показателям отечественные двигатели находились на уровне аналогичных вертолетных ГТД США, Франции и Англии.

В период создания первых отечественных вертолетных ГТД в ЦИАМ велись работы по поиску и анализу возможных перспективных вертолетных силовых установок (газореактивный привод несущего

винта, привод несущего винта от низкооборотной силовой турбины, привод путем размещения ТРД на концах лопастей несущего винта). Была обоснована целесообразность применения для привода несущего винта отдельной силовой турбины, механически не связанной с газогенератором. Разрабатывались программы регулирования, методики снятия висотно-климатических и пусковых характеристик вертолетных ГТД в термобарокамере, определялись с объемами и методиками работ при доводке и при проведении Государственных стендовых испытаний [6].

В середине 60-х годов прошлого века на Заводе им. М.Л. Миль началось проектирование транспортно-боевого вертолёта Ми-24, отвечающего современным западным аналогам. Для него был необходим двигатель мощностью 2200 л.с. при существенно лучших данных по удельным расходам топлива, удельной массе и меньшим габаритным размерам, чем ближайший отечественный аналог ТВ2-117.

Разработка такого двигателя была поручена ЛНПО им. Климова. В его разработке активно участвовали отраслевые институты ЦИАМ, ВИАМ, НИИД. На ранних стадиях разработки был привлечен и серийный Запорожский моторный завод.

Для обеспечения выставленных требований впервые в отечественной практике пришлось отработать новые конструкторско-технологические процессы: холодное вальцевание рабочих лопаток компрессора, протяжка направляющих лопаток компрессора, бандажирование рабочих лопаток турбины, электронно-лучевая сварка корпусов двигателя. В ходе аэродинамической доводки были обеспечены очень высокие значения к.п.д. компрессора и турбин, а также большие запасы газодинамической устойчивости [5].

Общая стендовая наработка опытных двигателей при доводке составила 15 855 часов, а доводка в ходе летных испытаний - 2755 часов [5]. Общее время разработки и доводки составило 7 лет. В 1972 г. началось его серийное производство, которое продолжается до настоящего времени. Этот двигатель затем стал использоваться и на других средних вертолётах (Ми-17, Ми-28, Ка-32, Ка-52 и др.).

Следует заметить, что тактико-техническое задание не было выполнено в полной мере. В частности, по ТТЗ удельная масса должна была составлять 0,1 кг/л.с. (табл. 2).

В 1999 - 2001 гг. была разработана модификация этого двигателя - ВК-2500 (табл. 1, 2 и 3). Повышение мощности было достигнуто путем увеличения температуры газа на 30К и повышения точности

Таблица 2. Конструкция вертолетных ГТД

Марка двигателя	Компрессор	Камера сгорания	Турбина компрессора	Силовая турбина	Удельная масса (кг/л.с.)	Суммарное количество лопаточных ступеней	Модульность конструкции
Д-25В	9 осев. ступеней	Трубоч.-кольц.	1 осевая	2 осевых	0,218	12	нет
ГД-3М	7 осев.+1 центроб.	Прямот.-кольц.	1 осевая	2 осевых	0,240	11	нет
ГД-350	7 осев.+1 центроб.	Инд. труб. вын.	1 осевая	2 осевых	0,34	11	нет
ТВ2-117А	10 осевых ступеней	Прямот.-кольц.	2 осевых	2 осевых	0,22	14	нет
ТВ3-117	12 осевых ступеней	Прямот.-кольц.	2 осевых	2 осевых	0,133	16	нет
Д-136	Двухвал.: 6+7 осевых	Прямот.-кольц.	1+1 осев.	2 осевых	0,108	17	есть
ТВ-О-100	2 осев.+1 центроб.	Против.-кольц.	1 осевая	1 осевая	0,22	5	есть
РД-600В	3 осев.+1 центроб.	Против.-кольц.	2 осевых	2 осевых	0,17	8	есть
ВК-800В	1 центробежная	Против.-кольц.	1 осевая	1 осевая	0,175	3	есть
ТВ7-117В	5 осев.+1 центроб.	Против.-кольц.	2 осевых	2 осевых	0,132	10	есть
ВК-2500	12 осев. ступеней	Прямот.-кольц.	2 осевых	2 осевых	0,125	16	нет





регулирования (ограничения) температуры газа и частоты вращения ротора турбокомпрессора. Увеличение температуры достигнуто путем замены ряда материалов турбины на современные, более жаропрочные. Повышение точности регулирования было обеспечено переходом на электронную систему автоматического регулирования БАРК-78 разработки ленинградцев. При этом конструкция собственно двигателя осталась неизменной.

Последней успешной разработкой в СССР (России) был самый мощный в мире вертолетный двигатель Д-136 (табл. 1, 2 и 3). Этот двигатель был создан на базе самолетного ТРДД Д-36 (разработчик запорожского ОКБ "Прогресс". Он устанавливается на вертолете Ми-26. Работы по Д-136 начались в 1972 г., а его серийное производство в 1982 году.

Разработка вертолетного ГТД (или модификации, требующей существенных финансовых затрат) проводилась в СССР только по специальному решению руководства страны.

После завершения Государственных стендовых испытаний отечественные вертолетные ГТД (документация) передавались для серийного производства на предприятие-изготовителя с невысоким начальным гарантийным ресурсом (порядка 300 часов). Надежность первых серийных двигателей также была невысокой. Доводка двигателей по ресурсу и надежности проводилась в процессе их серийного производства при тесном взаимодействии разработчика, изготовителя и эксплуатирующих организаций под надзором заказчика.

Была создана государственная система фиксации любого значимого дефекта двигателя в эксплуатации, выявления характера дефекта (конструктивный, производственный или эксплуатационный), разработки мероприятий по его устранению и их выполнению. Естественно, все связанные с этими процессами затраты несло государство. Эта система обеспечивала повышение в течение 10-20 лет гарантийного межремонтного ресурса до 1500...2000 часов (при 2-3 капитальных ремонтах) при достаточно высокой надежности.

В 1982 г. в ОМКБ (Омск) началось проектирование вертолетного ГТД мощностью 730 л.с. - ТВ-О-100 (табл. 1, 2 и 3). Двигатель предназначался для вертолета Ка-126, производство которого планировалось организовать в Румынии (согласно плану Совета Экономической Взаимопомощи). Конструктивная схема, основные заявленные данные и параметры рабочего процесса ТВ-О-100 соответствовали мировым аналогам. Было изготовлено несколько опытных двигателей ТВ-О-100. Однако заявленные данные по удельному расходу топлива, массе и начальному ресурсу не были достигнуты. В 1990 г. доводка двигателя была прекращена. Причиной было как прекращение фи-

нансирования, так и потеря перспектив производства вертолета Ка-126 в Румынии.

В 1988 г. в РКБМ было начато проектирование вертолетного ГТД - РД-600В мощностью 1300 л.с. (табл. 1, 2 и 3). Двигатель предназначался для военного вертолета Ка-60 и гражданского Ка-62. Конструктивная схема, основные заявленные данные и параметры рабочего процесса также соответствовали мировым аналогам. В ходе 20-летней доводки заявленные данные не были достигнуты. В 2010 году доводка была прекращена и достигнута договоренность с фирмой "Турбомека" (Франция) о применении на вертолете Ка-62 двигателя Ardenid 3G.

В начале 90-х годов прошлого века на заводе им. Климова были начаты работы по вертолетному ГТД - ВК-800 - мощностью 800 л.с. По заявленным данным и конструктивной схеме этот двигатель соответствует современным серийным зарубежным аналогам. (табл. 1, 2 и 3). Предполагалось его применение на вертолетах "Ансат", Ми-34, Ми-54, Ка-226. В настоящее время ОАО "Климов" располагает двумя или тремя подобными двигателями. Об успехах доводки и степени приближения опытных двигателей к заявленным данным сообщений нет. На упомянутых вертолетах уже применяются зарубежные двигатели (PW-207K, Arrius 2G).

В тот же период на ОАО "Климов" параллельно велись работы по созданию на базе самолетного ТВД ТВ7-117С вертолетного ГТД ТВ7-117В. Этот двигатель изначально предназначался для вертолета Ми-38. Работы по нему начались еще в 1988 г., но недостаточно финансировались, велись с перерывами, носили в основном расчетно-конструкторский характер. На настоящее время построены 3 или 4 такие двигателя. По заявленным данным (удельная масса, удельный расход топлива) ТВ7-117В несколько уступает зарубежным аналогам (С17-8 фирмы Дженерал Электрик, RTM322-8 объединения европейских фирм). Можно ожидать, что при наличии финансирования предстоит период длительной доводки этого двигателя с высокой степенью риска в обеспечении заявленных данных.

Проведенное рассмотрение показало, что попытки создать в России современные вертолетные ГТД в последние 30 лет терпят неудачу. Обращаясь к успешному опыту зарубежных фирм ("Дженерал Электрик" в США, "Пратт-Уитни" в Канаде, "Турбомека" во Франции) в сопоставлении его с отечественным, можно выделить следующие отличия от отечественной практики:

- разработка и серийное производство двигателя сосредоточено в одной фирме;
- создание научного задела, совершенствование технологии изготовления и отработка новых конструкторских решений, модифицирование и разработка двигателей нового поколения ведутся неп-

Таблица 3. Хроника разработки вертолетных ГТД

Марка двигателя	Разработчик	Начало разработки (год)	Завершение или прекращение разработки (год)	Сертификация или Госуд. стэнд. испытания (год)	Изготовитель	Начало изготовления (год)	Прекращ. изготовления (год)	Всего изготовлено
Д-25В	ОАО "Авиадвигатель"	1956	1958	1958	ОАО "ПМЗ" г. Пермь	1959	1981	4522
ГТД-3М	ОАО "ОМКБ" г. Омск	1957	1963	1963	ОАО "ОМЗ" г. Омск	1964	1985	1000
ГТД-350	ОАО "Климов" г. С.-Пб	1959	1963	1963	WSK PZL Польша	1964	1996	11000
ТВ2-117А	ОАО "Климов" г. С.-Пб	1959	1963	1964	ОАО "ПМЗ" г. Пермь	1965	1997	23000
ТВ3-117	ОАО "Климов" г. С.-Пб	1965	1971	1972	ОАО "МОТОР СИЧ"	1972	продолжается	25000
Д-136	ГП "Ивченко-Прогресс"	1972	1981	1982	ОАО "МОТОР СИЧ"	1982	продолжается	945
ТВ-О-100	ОАО "ОМКБ" г. Омск	1982	1987 (прекращ.)	—	-	-----	-----	-----
РД-600В	ОАО "Сатурн" г. Рыбинск	1989	2010 (прекращ.)	—	-	-----	-----	-----
ВК-800В	ОАО "Климов" г. С.-Пб	1992	продолжается	—	-	-----	-----	-----
ТВ7-117В	ОАО "Климов" г. С.-Пб	1990	продолжается	—	-	-----	-----	-----
ВК-2500	ОАО "Климов" г. С.-Пб	1999	2001	2001	ОАО "МОТОР СИЧ"	2001	продолжается	?



перывно в течении уже 60 лет;

-новый двигатель проектируется тогда, когда установлена значительная потребность в нем на рынке, есть высокая вероятность его создания в короткие сроки с заявленными данными и с начальным ресурсом порядка 3000 часов/циклов.



И последнее:

Сейчас в мире эксплуатируется около 8500 вертолетов разных типов производства СССР/Российской Федерации.

Литература.

1. Двигатели 2006. Краткий справочник по отечественным авиационным двигателям. Журнал "Взлёт", №4, 2006 г.
2. В.А. Зрелов. Отечественные газотурбинные двигатели. Москва, Машиностроение, 2005 г.
3. В. Скибин, Б. Пономарев. Отечественные вертолётные двигатели: состояние и перспективы. Журнал "Двигатель" №1 2000г.
4. П. Изотов, Д. Изотов. Самый массовый вертолётный двигатель. Журнал "Взлёт", №1, 2000 г.
5. П. Изотов, Д. Изотов. Семейство ТВ3-117. Журнал "Взлёт", №№2 и 3, 2000 г.
6. М.М. Маслеников, Ю.Г. Бехли, Ю.И. Шальман. Газотурбинные двигатели для вертолётов. Москва, Машиностроение, 1969
7. Л.П. Берне, Д.А. Боев, Н.С. Ганшин. Отечественные авиационные двигатели - XX век. Москва, АвикоПресс, 2003 г.

