

ВЫБОР ТИПА ДВИГАТЕЛЯ - РАБОТА ДЛЯ ВДУМЧИВЫХ

Игорь Викторович Ниппард, главный конструктор ООО "УРАПУТ"
Дмитрий Александрович Боев, главный редактор НИУ МЭИ

Двигатель - это механизм, с помощью которого преобразуют тепловую, электрическую, геопотенциальную и прочие виды энергии в механическую. Двигатели обычно, сами по себе не используются, являясь составной частью механизмов, должны выполнять какую-то необходимую для человека работу. Конструкция механизма определяется его назначением и функциями, которые он должен выполнять. И практически не существует механизмов, в которых бы не было двигателей. Более того, великий Леонардо придумал огромное количество различных механизмов. Практически все они, по сути, работоспособны и, более того: все они позже послужили основой для применявшихся в практике устройств. Но - не при жизни Леонардо. Причина проста: у него не было для них источников энергии. Да Винчи не занимался изобретением двигателей.

В картотеке заявок на изобретения папка "Двигатели", имеющая множество подразделов, одна из наиболее активно пополняемых. Люди их изобретают во множестве. Пусть даже и не "вечные" (запрещённые к рассмотрению решением парижской Академии Наук ещё триста лет назад), но тем не менее - весьма и весьма разные.

Наиболее востребована и популярна информация по наиболее массовым - автомобильным двигателям. Как правило, сейчас они чаще всего выполняются по четырёхтактной схеме [хотя весьма массовые и двухтактные двигатели, а бывают и пяти- и даже шеститактные, см. журнал "Двигатель" № 3(123) 2019 г., статья Ю.В. Макарова "Два, четыре, пять, шесть... Считаем такты вместе" ПРИМ. РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА]. В этих моторах все такты обеспечиваются работой цилиндро-поршневой группы разной конструкции и клапанного механизма. Такты проходят последовательно, отделены друг от друга, оказывают один на другой несильное влияние, что обеспечивает их независимое протекание и хорошую многорежимность мотора. Этим обеспечивается приёмистость двигателя, например, автомобиля при разгоне, торможении, остановках на светофоре и прочем.

Следствие такой независимости циклов - необходимость неоднократного прохождения за рабочий цикл "мёртвых точек", а значит, сильное влияния инерции на рабочий процесс и необходимость наличия некоего элемента, передающего её от такта к такту - например, маховика. Плата за это - дополнительный продувочный оборот коленчатого вала для очистки рабочей камеры.

В истребительной и спортивной авиации также важна многорежимность - при резких маневрах пилот летательного аппарата, оборудованного поршневым двигателем, постоянно работает сектором газа, т.е. мотор должен быть четырёхтактным. Ярким тому примером является двигатель М-14, специально созданный для побед в соревнованиях по высшему пилотажу. Четырёхтактные моторы не могут похвастаться многообразием схем в отличие от двухтактных. Максимальная мощность четырёхтактного мотора составляла 14 000 л.с.

Совершенно иной подход должен быть при проектировании двигателей для транспортной или беспилотной авиации, переоценить которую в условиях России невозможно. Полётный цикл двигателя транспортной авиации состоит из кратковременной работы на малом газе - это прогрев и рулёжка, 1...3 минуты работы на форсированном взлётном режиме, продолжительная работа (несколько часов) на крейсерском режиме - и опять малый газ - снижение, рулёжка, останов. В данном случае необходимо обеспечить максимальную топливную экономичность (в оба конца полёта) и желательную малую массу и мидель. Наилучшим образом данным требованиям отвечают двухтактные двигатели. Это хорошо понимал Хуго Юнкерс -

нователь немецкой авиакомпании Lufthansa. Под его руководством в начале 30-х годов были созданы авиадизели ЮМО-204 ... ЮМО-207. (см. рис. 1)



Рис. 1 Двигатель ЮМО-205 в музее Кобленц

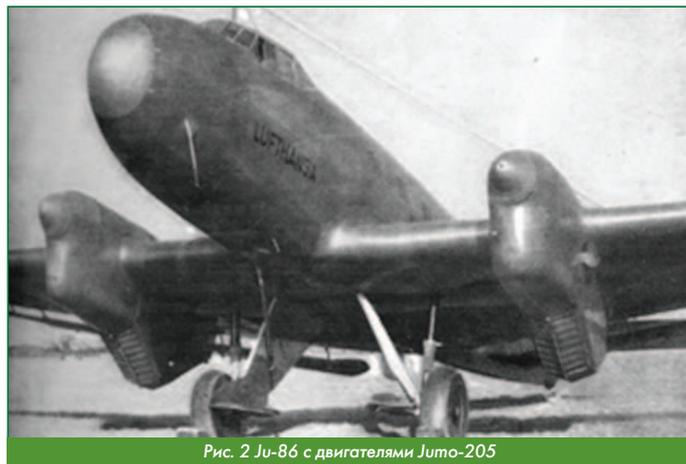


Рис. 2 Ju-86 с двигателями Jumo-205

В ходе испытаний дизель Jumo-207С в течение часа развивал мощность в 2020 л.с., т.е. 122 л.с./л. (90 кВт/л.). В течении 10 минут Jumo-207 развивал мощность 2210 л.с., т.е. 135 л.с./л. (100 кВт/л.) при малой удельной массе (0,5 кг/л.с.) - это дизель! Подобная удельная мощность не была еще достижима для самых современных бензиновых моторов. Алексей Дмитриевич Чаромский исследовал двигатели этой серии ещё в конце 30-х годов и нашёл, что их конструкция переусложнена, что весьма отрицательно влияет на ресурс. И потому, он не пытался создавать аналога этих двигателей, развивая свою конструкцию авиационных дизелей АН-1 до серийно выпускавшихся АЧ-30Б, применявшихся на самолётах Ер-2 и бомбардировщиках Туполева и Ильюшина [Об этом наш журнал многократно писал: см. журнал "Двигатель" №1(121) 2019 года, статья Д.А. Боева "Алексей Дмитриевич Чаромский человек, инженер, конструктор" - и ранее, 1999-2010 гг. ПРИМ. РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА]. На базе того же двигателя АЧ-30Б был спроектирован и массово выпускался и танковый двигатель В-2, ставший основным мотором советских танков Победы.

После войны, на основе идей оппозитного встречного перемещения поршней в одной камере сгорания, применённого в выше описанных двигателях ЮМО, А.Д. Чаромским были созданы танковые многотопливные моторы 5ТДФ, а впоследствии и 6ТД-1 ... 6ТД-4 (называемые в народе "чемоданами" [Об этом более подробно - см. журнал "Двигатель" №4(10) 2000 г., статья ""Чемодан" или два поршня в одном цилиндре" ПРИМ. РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА]).

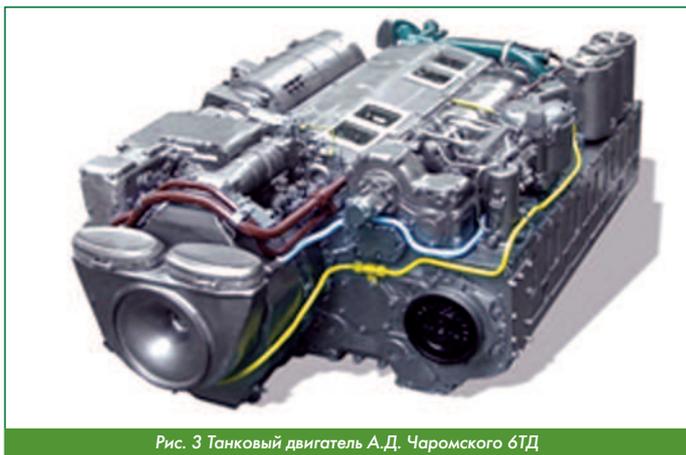


Рис. 3 Танковый двигатель А.Д. Чаромского 6ТД

Инженеры, создающие двигатели, всегда учитывали специфику транспортных средств при создании для них энергоприводов. Близки по конструкции и режимам работы судовые и тепловозные двигатели. Наиболее типичным представителем таковых является тепловозный дизель 2Д100 и его многочисленные модификации.

Прототипом дизеля 2Д100 послужил судовый дизель фирмы Fairbanks-Morse типа 38D8-1/8OP, который стоял с одного из кораблей, поставляемых по ленд-лизу в СССР во время Второй Мировой войны.

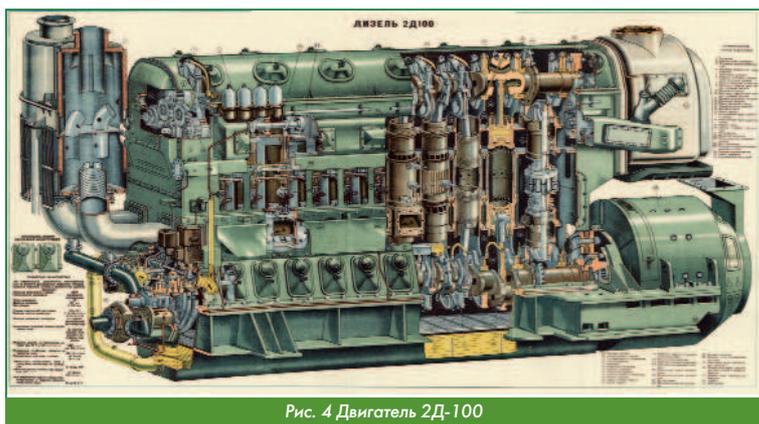


Рис. 4 Двигатель 2Д-100

Инженеры стараются получить максимальный эффект, анализируя все за и против различных схем двигателей. Это стимулирует поиск новых решений и критический анализ старых, но не нашедших в свое время практического воплощения технических идей.

Пример широкого диапазона разнообразных режимов работы можно видеть, сравнив, скажем, модельные двухтактные авиамодельные двигатели с воспламенением от сжатия (а ведь это, по сути, тоже двигатель типа дизеля), рабочий объем которых начинается от 1,5 см³, состоящие из нескольких деталей и дизельный двухтактный 14-цилиндровый двигатель Вяртсиля-Зульцера RTA96С мощностью более 100 000 л.с., используемый на гигантских контейнеровозах, потребляющий до 13,7 тонн топлива в час. При этом, удельный расход топлива такого

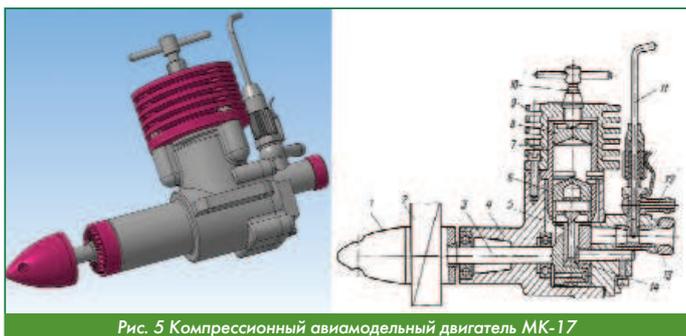


Рис. 5 Компрессионный авиамодельный двигатель МК-17



Рис. 6 Самый большой корабельный двигатель в мире RTA96C

гиганта $C_e = 0,1257$ кг/л.с. час, что является абсолютным рекордом.

Удельный расход самого экономичного ГТД НК-12 составляет $C_e = 0,19$ кг/л.с. час, на высоте 11000 м - $C_e = 0,16$ кг/л.с. час - это удельный расход... автомобильного дизеля.

Не все поиски приводят к желаемому результату. Так, в 1916 году два племянника Н.Е. Жуковского - А.А. Микулин и Б.С. Стечкин спроектировали и изготовили двухтактный авиационный двигатель АМБС - 1 с косой шайбой взамен кривошипа, который проработал несколько минут и остановился из-за поломки шатунов. [Об этом в книге "Отечественные авиационные двигатели - XX век" Л.П. Берне и др. АВИКО-пресс, М., стр 20-21. ПРИМ. РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА]. Попытка Николая Егоровича помочь и попытаться каким-то образом рассчитать режим этой конструкции и сбалансировать её, к желаемому результату не привела. С тех пор А.А. Микулин спроектировал и построил не один десяток авиационных поршневогох и газотурбинных моторов, а Б.С. Стечкин стал основоположником теории ГТД, по рекомендации которого строилась вся реактивная техника в СССР и мире - но к этому мотору они больше не возвращались.

Продолжаются работы по созданию моторов и в наше время. Так, например, изобретатель - энтузиаст из города Тольятти А.Н. Сергеев создал двухтактный многопливный двигатель с очень высокой степенью сжатия и чистым выхлопом. На его двигателе организована предварительная подготовка топлива в отдельном маленьком цилиндре и пневмовпрыск в камеру сгорания, что обеспечивает хорошее горение любой смеси по мере поступления в рабочий цилиндр, аналогично двигателю Вяртсиля-Зульцера. Эту схему работы мотора предусматривал Рудольф Дизель, предполагая вдвух в цилиндр угольную пыль, но потом перешёл на жидкое топливо. История моторостроения показывает пути достижения наилучших результатов в части мощности, экономичности, массогабаритных параметров.

Множество компаний создают работоспособные и, порою, весьма удачные конструкции. Так фирма "RED" в Германии, основанная выходцами из России, предложила, работоспособный авиадизель, который возможно устанавливать на целый спектр летательных аппаратов различного назначения. В Гавриловом Яме запущен в малую серию авиационный двигатель "Агат" - весьма и весьма перспективная машина, в ЦИАМ полным ходом идут работы по применению в малой авиации двигателя нового автомобиля "кортеж".

Выбор моторов всегда намного меньше, чем самолётов, и подход "я его слепила из того, что было" никак не допустим. **А**

Связь с автором: nippard@rambler.ru