

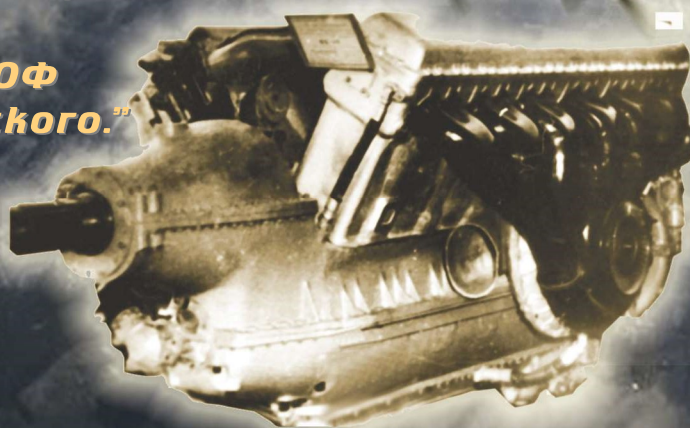
Двигатель

Научно-технический журнал № 1 (121 + 244) 2019



*“11 августа 1941 г.
в налете на Берлин
приняли участие 6
тяжелых
бомбардировщиков
ТБ-7, оснащенных
авиационными
дизелями
М-30 и М-40Ф
А.Д. Чаромского.”*

СТР 2



*15 февраля 2019 г.
120 лет со дня
рождения
А.Д. Чаромского*



2007 2005 2004



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности

2016



Памятная медаль к 100-летию Г.М. Бериева

2010



Медаль АМКОС "Преодоление"



Редакционный совет

- Агульник А.Б., д.т.н.,** заведующий кафедрой "Теория воздушно-реактивных двигателей" МАИ
- Багдасарьян Н.Г., д.филос.н.,** профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана
- Богуслаев В.А., д.т.н.,** Президент АО "МОТОР СИЧ"
- Воронков Ю.С., к.т.н.,** зав. кафедрой История науки РГГУ
- Гейкин В.А., д.т.н.,** заместитель генерального директора - руководителя приоритетного технологического направления "Технологии двигателестроения" АО "ОДК", директор филиала НИИД АО "НПЦ газотурбостроения "Салют"
- Дмитриев В.Г., член-корр. РАН,** главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"
- Драгунов В.К., д.т.н.,** проректор по научной работе НИУ "МЭИ"
- Жердев А.А., д.т.н.,** Декан факультета "Энергомашиностроение", руководитель Научно-учебного комплекса МГТУ им. Н.Э. Баумана
- Зрелов В.А., д.т.н.,** профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей ЛА СГАУ им. С.П. Королёва
- Иноземцев А.А., д.т.н.,** ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"
- Каторгин Б.И., академик РАН**
- Кравченко И.Ф., д.т.н.,** ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"
- Кутенев В.Ф., д.т.н.,** зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной работе
- Ланшин А.И., д.т.н.,** научный руководитель - заместитель Генерального директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
- Марчуков Е.Ю., д.т.н.,** генеральный конструктор - директор ОКБ им. А. Люлька
- Пустовгаров Ю.Л.,** генеральный директор ПАО «Казанский вертолетный завод»
- Равикович Ю.А., д.т.н.,** проректор по научной работе МАИ
- Рачук В.С., д.т.н.,** председатель НТС АО "НПО Энергомаш"
- Рогалёв Н. Д., д.т.н.,** ректор НИУ "МЭИ"
- Ружьев В.Ю.,** первый зам. ген. директора Российского Речного Регистра
- Рызов В.А., д.т.н.,** главный конструктор ОАО "Коломенский завод"
- Ситнов А.П.,** президент, председатель совета директоров ЗАО "Двигатели "ВК-МС"
- Смирнов И.А., к.т.н.,** ген. конструктор БХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева"
- Соколов В.П., д.т.н.,** Директор Российского учебно-научно-инновационного комплекса авиакосмической промышленности
- Троицкий Н.И., к.т.н.,** доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана
- Фаворский О.Н., академик РАН,** член президиума РАН
- Чуйко В.М., д.т.н.,** президент Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов
академик Международной инженерной академии

Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь, к.т.н.

Финансовый директор

Юлия Валерьевна Дамбис

Редакторы:

Александр Григорьевич Лиознов,

Андрей Иванович Касьян, к.т.н.

Юрий Романович Сергей, к.т.н.

Литературный редактор

Эрнст Галсанович Намсараев

Художественные редакторы:

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Владимировна Шаронова, к.пед.н.

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

А.И. Бажанова, Д.А. Боева, А.В. Ефимова, А.Н. Медведя, И.М. Ивановой, В.Н. Романова и др.

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111250, Россия, Москва,

ул. Красноказарменная, 14.

Тел./факс: +7(495) 362-7891

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

Электронная версия журнала (2006-2019 гг.) размещается также на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru и включена в индекс РИНЦ

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели" ©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

Ответственность за достоверность информации и наличие в материалах фактов, не подлежащих разглашению в открытой печати, лежит на авторах публикаций.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.

Перепечатка опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается. Ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

Журнал "Двигатель", рекомендован экспертными советами ВАК по техническим наукам, механике, машиностроению и машиноведению, энергетическому, металлургическому, транспортному, химическому, горному и строительному машиностроению, авиационной и ракетно-космической технике в числе журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Индекс 1400 в общероссийском Перечне 2015 г.

Научно-технический журнал "Двигатель" © зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

21-й (112-й) год издания.

Отпечатано

ООО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

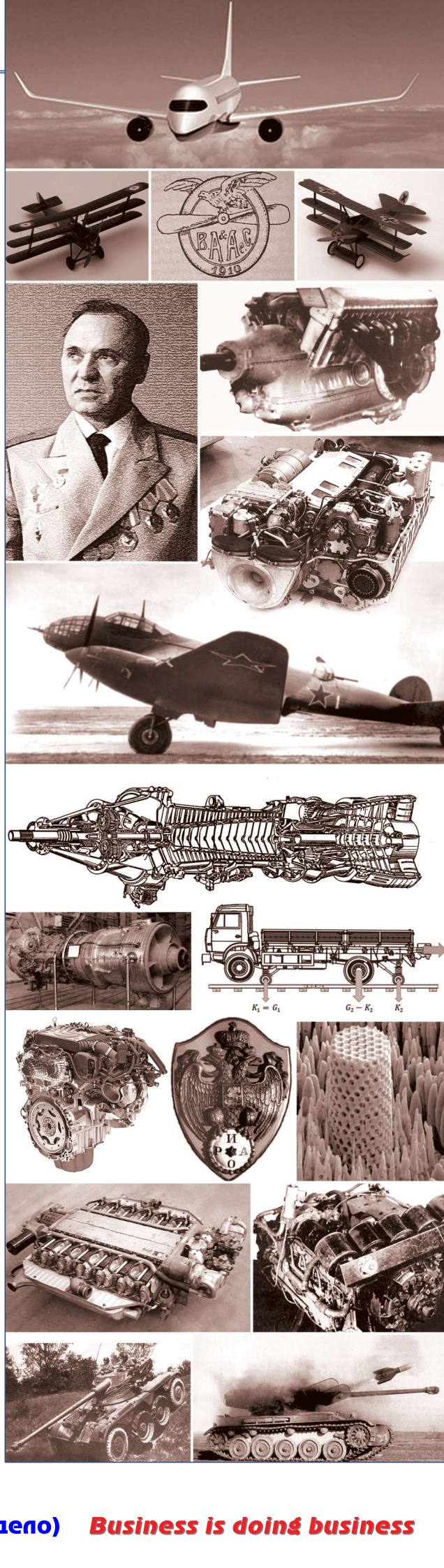
Тираж 3 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.



СОДЕРЖАНИЕ



- 2 Алексей Дмитриевич Чаромский: человек, инженер, конструктор. В 2019 году - 120 лет со дня рождения А.Д. Чаромского, конструктора авиационных и танковых дизелей, основателя нескольких НИИ**
Д.А. Боев
- 7 История авиации в моделях. Триплан**
В.Г. Иванов
- 8 Обоснование повышения цены промышленного ГТД в связи с повышением межремонтного и назначенного ресурса**
И.И. Ицкович, О.В. Камакина, О.В. Немтырев
- 9 Новый рядный шестицилиндровый двигатель в гибридной установке MHEV автомобиля Range Rover Sport**
- 10 Турбулентность. Критические параметры процессов в энергодвигательных установках**
Ю.М. Кочетков
- 12 Металлическое дерево из американского университета**
- 14 Оптимизация условий работы шин пневмоколесного транспорта на комбинированном ходу**
А.В. Екимов, С.Н. Семикин
- 15 Новая каталитическая молекула**
- 15 Завершение начальной стадии работ над турбовальным двигателем ВК-800**
- 16 Оценка разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей двухдвигательного самолёта, обусловленной разницей частот вращения их роторов**
А.Ю. Бурова, Ю.М. Кочетков
- 17 Поправка к статье в номере 120 журнала "Двигатель"**
- 18 Знаки дореволюционных автомобильных клубов и автомобильных частей**
А.В. Барановский
- 19 НК-12NG как "паровоз" для транспорта. Из записок корабельного инженера-механика Семёнова**
В.А. Герасимов
- 22 Танки от и до**
О.Н. Брилёв

АЛЕКСЕЙ ДМИТРИЕВИЧ ЧАРОМСКИЙ: ЧЕЛОВЕК, ИНЖЕНЕР, КОНСТРУКТОР

В 2019 ГОДУ - 120 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

**А.Д. ЧАРОМСКОГО, КОНСТРУКТОРА АВИАЦИОННЫХ И
ТАНКОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ, ОСНОВАТЕЛЯ НЕСКОЛЬКИХ НИИ**

Талант, если он есть у человека на самом деле, не дает ему успокоиться на достигнутом и удовлетвориться имеющимся. И, даже если, вроде бы, все условия против, ведомый талантом Мастер все равно будет искать возможности для самореализации и не успокоится, пока не найдет их. А найдя - будет стремиться к следующей, еще более высокой цели. И это он уже изменить не может.

Дмитрий Александрович Боев

Данный материал написан на основе статей, посвящённых Алексею Дмитриевичу, размещённых в разное время в журнале "Двигатель" мной и ещё несколькими авторами - **Л.П. Берне, А.Н. Медведем, В.Р. Котельниковым**, наших немногих разговоров с А.Д. Чаромским в период совместной работы над фильмом о 50-летию ЦИАМ им. П.И. Баранова в конце 70-х годов XX века.



Начнем наше повествование, пожалуй, с человека мало кому знакомого: Алексей Дмитриевич Бороничев родился 15 февраля 1899 г. в бедной крестьянской семье в селе Чаромское Череповецкого уезда Новгородской губернии (ныне Шекснинский район Вологодской области). Это - классический зачин большинства биографий советских времен, что не удивительно - он на самом деле был весьма распространён в крестьянской и не очень-то богатой России начала XX века. Отец умер, когда Леше было полтора года, его мать осталась одна с тремя малолетними детьми. Тем не менее, он закончил трехклассную церковно-приходскую школу и 12-летним паренком уехал в Петроград. Там, с помощью односельчанина А.А. Филатова, рабочего Путиловского завода, Леша устроился учеником в булочную. Из шести рублей ежемесячного жалованья три рубля Алексей посылал матери. Деньги и по тем временам маленькое, а жизнь и перспективы - как у Чеховского Ваньки Жукова. Позтому, в 1913 г., прибавив к своему возрасту год, пошел на Путиловский завод, где обучился на токаря и проработал до начала 1918 г.



Леша Бороничев

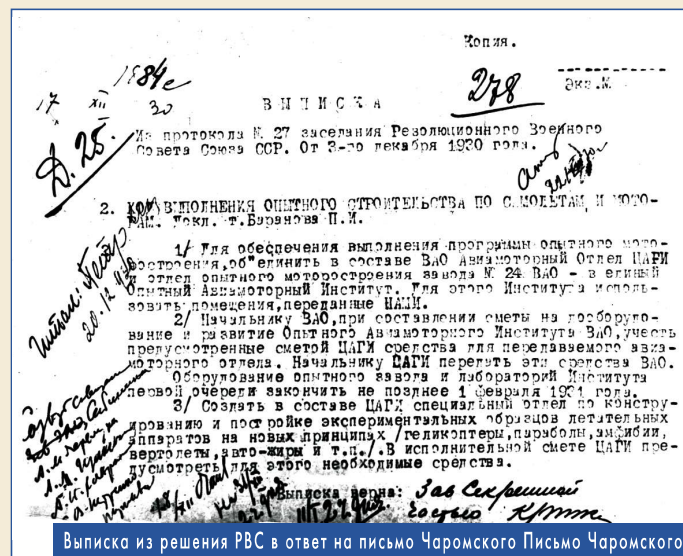
Мы не совсем правильно воспринимаем уровень грамотности и образованности дореволюционной России. Деятельность Народников, события 5-го года и общемировой технический прогресс ясно показали даже не слишком-то поворотливым российским чиновникам: объяснить что-то и заставить себя слушать и слушаться можно только людям образованным. В результате, даже в аграрных губерниях старались дать крестьянам хотя бы начальное образование (в этом, правда, не слишком преуспели, но процесс шел). А уж неграмотный фабричный рабочий - чистый убыток хозяину предприятия. Поэтому, в городах рабочих стремились обучать. Сложнее было убедить их самих учиться: за учебу приходилось приплачивать. Впрочем, те, кто хотели быть образованными, сами тянулись к учебе. Среднее образование Алеша получил в вечерней школе. Было нелегко: часто приходилось работать в ночную смену, да и за учебу нужно было платить и матери помогать.

В марте 1917 г. вступил в РСДРП (б). Вот тут-то Леша Бороничев стал Чаромским. Вот о нем-то мы и попытаемся рассказать, ибо, честное слово - этот человек стоит памяти потомков. В конце февраля 1918 г. Алексей Чаромский добровольцем ушел в Крас-

ную Армию. В составе 5-й ударной армии с боями прошел от Уфы до Иркутска. Был военным комиссаром Енисейского уезда. Командовал особым отрядом в экспедиции по реке Лене. Впрочем, военная карьера никогда не была для Алеши слишком притягательна: он хотел учиться, а потому, в марте 1921 г. демобилизовался и поступил на рабфак технологического института в Петрограде. Как большевик с дореволюционным стажем он являлся депутатом X съезда РСДРП(б) в Петрограде и, вместе со всеми военными - участниками съезда - в подавлении Кронштадтского мятежа. Увы, обстоятельства обязывали: уже в августе был снова призван в армию. Служил на различных должностях: начальником политотдела Мурманского укрепрайона, начальником политотдела Кронштадтской крепости, комиссаром 1-й Истребительной эскадрильи.

По направлению командования, молодой авиатор поступает в 1923 г. в Московскую Высшую Военно-воздушную академию РККА (сейчас - имени Н.Е. Жуковского). Он закончил ее в числе самых первых выпускников, в 1928 г. По рекомендации Государственной экзаменационной комиссии, в которую входили Б.С. Стечкин, В.Я. Климов, А.Д. Швецов и другие известные авиаконструкторы, был направлен в Научный автотомоторный институт (НАМИ), где стал одним из организаторов авиационного отдела.

Собственного производства авиадвигателей в России тех лет практически не было. В НАМИ изучались исключительно иностранные двигатели, экспериментальная база института была бедной, а опытное производство практически отсутствовало. Заказы на изготовление единичных экземпляров моторов размещались



Выписка из решения РВС в ответ на письмо Чаромского Письмо Чаромского

на разных заводах. По решению правительства, для НАМИ начали строить опытный завод двигателей, лабораторный и инженерный корпус. Считалось, что институт будет в первую очередь заниматься автомобильными, танковыми и тракторными двигателями и лишь в последнюю - авиационными. Для Чаромского было совершенно очевидным, что это неверно. Поэтому, по инициативе Алексея Дмитриевича, 13 августа 1930 г. группа авиационных специалистов из 19 человек, обратилась к И.В. Сталину и К.Е. Ворошилову с письмом, в котором освещалось состояние авиамоторостроения и обосновывалась необходимость создания Института авиационного моторостроения: "... Известно, что за все 13 лет мы не создали ни одного законченного своего авиационного двигателя, который стоял бы на наших самолетах. Известно также, что за все время в Союзе разными организациями было запроектировано больше 40 авиационных двигателей, 30 из них было сдано в производство, около 15 построено, но ни один из них не стоит и, вероятно, не будет стоять на самолетах. Вместе с тем наша промышленность строит иностранные образцы, двигатели, а наша авиация летает на устаревших машинах. Наше опытное производство было исключительно бесплодно. Одной из основных причин надо считать отсутствие концентрированной базы опытного строительства ..."



Отдел ОНД ИАМ. В центре - А.Д. Чаромский

опытного строительства ..."

Это был очень смелый и рискованный шаг. Письмо составил сам Чаромский, он же собирал подписи виднейших авиаконструкторов и опять же он возил его в Кремль, к члену президиума ВСНХ СССР П.И. Баранову, с кото-

рым они вместе были депутатами X съезда и после, недолго - были в Кронштадте после мятежа. По распоряжению Баранова, Чаромский был на самолёте отправлен в Сочи, где в то время отдыхал председатель Совнаркома. Доводы были положительно поняты, поддержаны и реакция последовала незамедлительно. Уже 5 сентября вышло постановление ВСНХ об объединении авиационного отдела НАМИ, винтомоторного отдела ЦАГИ и ОКБ 24-го завода. Новое учреждение поименовали ИАМ - институт авиационных моторов. Сейчас он известен всему авиационному миру как Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова (ЦИАМ).

Организовывал и подбирали сотрудников в новый институт сотрудник ЦАГИ Борис Сергеевич Стечкин и он же первый год руководил ИАМ. В институте были сформированы два отдела: отдел бензиновых двигателей (ОБД), руководителем которого стал В.Я. Климов и отдел нефтяных двигателей (ОНД), который возглавил А.Д. Чаромский.

Забегая вперед, скажем, что впоследствии из ОНД вырос центр быстроходного дизелестроения, на базе которого в 1952 г. была создана самостоятельная научно-исследовательская лаборатория двигателей (НИЛД). В 1966 г. эта лаборатория была преобразована в Научно-исследовательский институт двигателей (НИИД). Несомненно, А.Д. Чаромского по праву можно считать организатором и основным инициатором создания и ЦИАМ, и НИИД. Видимо, в этом судьба Алексея Дмитриевича: все время создавать и организовывать нечто такое, чем будут потом пользоваться многие и не один десяток лет. И не ожидать за это призов, похвал и памятников. Просто он делал то, что было надо для дела.

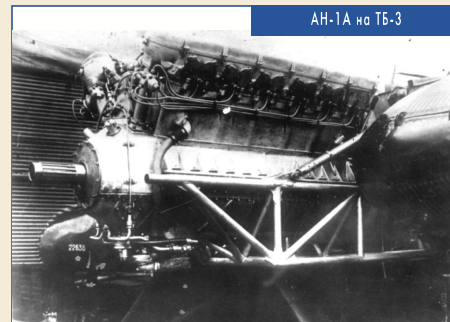
Причина интереса к авиационным дизелям проста: в отличие от бензинового мотора в цилиндре дизеля сжимается не смесь топлива и воздуха, а чистый воздух (топливо впрыскивается через

форсунку на этапе максимального сжатия и воспламеняется оно за счет сильно повысившейся температуры сжатого воздуха), что позволяет значительно повысить компрессию, а значит и к.п.д. двигателя. По этой причине, удельный расход топлива у дизелей меньше на 25...35%. Кроме того, системы зажигания ДВС самолетов того времени наводняли эфир помехами такого уровня, какой полностью исключал возможность использования радиосвязи на борту. Дизеля были лишены этого недостатка. И еще целый ряд резонансов был в том, чтобы заниматься этими системами. Правда, из-за высокой степени сжатия максимальное давление в цилиндре дизеля примерно вдвое больше, чем у бензинового двигателя той же мощности, поэтому все детали кривошипно-шатунного механизма приходится выполнять более прочными, а значит, и более тяжелыми. По той же причине, для запуска дизеля требуется мощное и более тяжелое пусковое устройство. Понятно, что на пути того, кто решил бы заняться авиационным дизелестроением, вставал целый ряд сложнейших проблем.

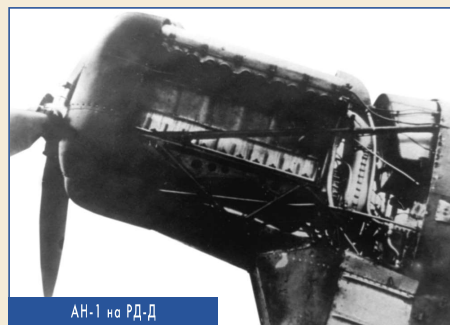
В послереволюционной России, до конца двадцатых годов созданием легких быстроходных дизелей всерьез никто не занимался. Отдельные опыты ведущих конструкторов - Климова, Микулина и др. - оставались достаточными эпизодами, не получившими существенного развития. Редкие попытки использования в СССР зарубежного опыта постройки авиадизелей также не дали особых результатов. Вместе с тем, интерес к созданию такого мотора в нашей стране не пропал. К тому же, в то же время за границей (в Германии, США, Франции и Чехословакии) их строили, и даже дошли до стадии мелкосерийного производства. Отечественным авиационным дизелям большое значение придавали также руководство ВВС и в целом командование РККА. Организовывал эти работы командир 1 ранга (впоследствии маршал) М.Н. Тухачевский, курировавший всю новую технику Красной армии.

А потому, с 1931 года началось формирование отечественной дизельной программы. Различным организациям поручили создание сразу шести типов двигателей различной мощности и различных схем. В ЦИАМ дизелестроением занялась группа, возглавлявшаяся А.Д. Чаромским. Согласно этой программе, ЦИАМ к 1 марта 1933 г. должен был подать на госиспытания построенный по программе Н-1 четырехтактный авиационный дизель с водяным охлаждением номинальной мощностью 600 л.с., массой не более 840 кг. Буква "Н" в названии означала "нефтяной", хотя фактически как этот, так и остальные пять двигателей, создаваемые по этой программе, должны были работать на газойле (дизельном топливе). Проектная масса всех этих двигателей устанавливалась из расчета 1,3...1,5 л.с./кг при максимальной мощности.

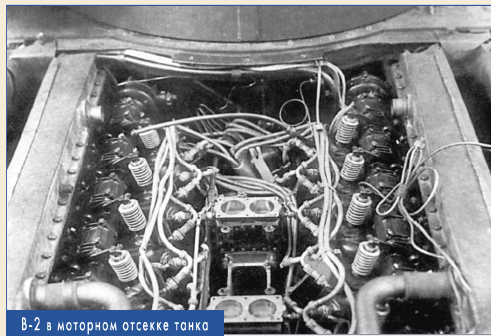
Судьба двигателей, разрабатываемых по единой программе, была весьма различной. Большинство разработок так и осталось в опытных экземплярах. Исключения составили, пожалуй, 12-цилиндровый V-образный дизель Н-3 массой 650 кг и мощностью 427 л.с., разрабатываемый в Лаборатории двигателей внутреннего сгорания (позднее УкРИДВС, затем УНИАДИ) в Харькове под руководством Я.М. Майера и Г.И. Аптекмана. Значение этой работы трудно переоценить, поскольку



АН-1А на ТБ-3



АН-1 на РД-Д



B-2 в моторном отсеке танка

именно эта конструкция легла в основу знаменитого танкового дизеля В-2.

Ну, а наиболее удачно сложилась судьба 12-цилиндрового V-образного дизеля Н-1, разрабатывавшегося в ОНД ИАМ под руководством А.Д. Чаромского.

В конце 1931 г. в Управление ВВС был представлен эскизный проект двигателя максимальной мощностью 800 л.с., получившего обозначение АН-1 ("авиационный нефтяной"). Общая компоновка и силовая схема двигателя были подобны примененным в микулинском М-34, разрабатываемом тем же ИАМ в отделе бензиновых двигателей. Первый опытный образец АН-1 изготовили летом 1933 г. в мастерских ЦИАМ. АН-1 в первый раз проходил государственные испытания в октябре-ноябре 1935 г., подтвердив номинальную и максимальную мощность. Чаромскому предложили выпустить опытную партию из 35-40 дизелей и провести испытания мотора в воздухе.

Государственные испытания дизеля АН-1 на самолете АНТ-36 (РД-Д - "рекорд дальности - дизельный") проводились летом 1936 г. Общий вывод госкомиссия сделала положительный: "Дизель в целом работает надежно", а в мае 1935 г. ВВС выдали новое техническое задание. Почти одновременно вышло постановление Совнаркома, предусматривавшее создание производственных мощностей, рассчитанных на выпуск 2000 авиадизелей в год. В январе 1937 г. дизель прошел 100-часовые госиспытания, на которых развил максимальную мощность 913 л.с. Результаты исследовательских работ по газообмену, топливopодаче, смесеобразованию, горению, наддуву, горючесмазочным материалам и др., выполненных ОНД с 1930 по 1938 гг., были опубликованы в монографиях сотрудников ОНД и трудах ЦИАМ. Работы А.Д. Чаромского только по изучению двухфазного процесса впрыска топлива (1933 г.) на 20 лет опередили аналогичные работы за рубежом.

Однако, несмотря на успехи группы, руководимой Чаромским, в целом первую отечественную программу развития авиационного дизелестроения можно считать проваленной и постановление Совнаркома невыполненным. А между тем разведка докладывала о форсировании аналогичных работ в других странах. При недостатке информации, успехи потенциальных противников обычно преувеличивают. Предполагали, что Германия уже располагает несколькими сотнями боевых самолетов с дизельными двигателями. Много шума наделал захват в Испании обломков бомбардировщика Юнкерс Ju 86 с двумя дизелями Jumo 205. Отдельные части самолета и его моторы удалось вывезти в Советский Союз. Из двух трофейных дизелей собрали один и испытали его на стенде в ЦИАМ (он до середины 90-х находился на территории ЦИАМ в препарированном виде). Исследования этих двигателей в ЦИАМ показали, что по мощности они уступали АН-1, хотя и превосходили по удельным характеристикам, при этом - не были лишены недостатков: частенько ломались, неустойчиво работали при большом обогащении смеси. После двухлетней работы специали-

сты отвергли идею копирования трофеев.

Шел печально знаменитый "тридцать седьмой". В традициях времени стали разбираться - кто же виновен в провале программы. Стоит учесть, что инициатор этих работ Тухачевский проходил одним из главных "врагов народа": волна репрессий докатилась и до высшего руководства Красной Армии. Теперь всем стало ясно, что задержка в создании авиадизеля - "...явный результат вредительства". Впрочем, новое руководство ВВС поддержало идею разработки авиадизеля. Основные усилия были направлены на дальнейшую доводку АН-1. Опытный завод ЦИАМ построил малую серию АН-1А, предназначенную для испытаний на самолетах. Военные предлагали форсировать доводку новой модификации АН-1РТК и испытать ее на "самолете 42" (так после ареста Туполева стали именовать АНТ-42, будущий ТБ-7).

Однако же, с осени 1938 г. А.Д. Чаромский уже не работал в ЦИАМ. Затыжка с доводкой отечественных дизелей дорого обошлась Алексею Дмитриевичу и ряду его сотрудников: в 1938 г. они были арестованы по 58-й статье и получили стандартные 10 лет как "враги народа". При этом, одновременно с Алексеем Дмитриевичем практически сняли всё руководство завода № 24 им. Фрунзе, на котором производились опытные работы по его двигателю и АМ-34 Микулина: директора И.Э. Марьямова, технического директора М.А. Колосова и начальника производства Г.П. Судакова-Билименко. На лесоповале Алексею Дмитриевичу пришлось пробыть весьма немного: он очень быстро был привлечен к работе Особого Технического бюро НКВД (ОТБ), в котором возглавил моторную группу. Его заместителем был находящийся в том же ОТБ... Б.С. Стечкин. В ОТБ находились и другие специалисты, многие из которых впоследствии стали видными учеными, конструкторами в авиации и ракетостроении.

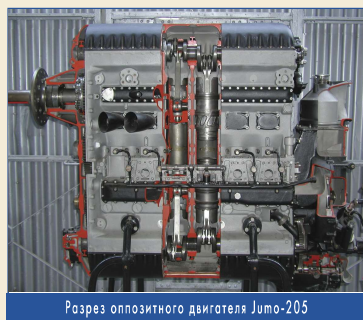
Руководство коллективом ОНД ЦИАМ перешло к заместителю Чаромского инженеру В.М. Яковлеву. Следует отметить, что несколько ведущих сотрудников ОНД (в том числе Т.П. Чупахин и М.П. Поддубный) в период после пика репрессий, обрушившихся также и на создателей танкового дизеля В-2, были откомандированы в Харьков и впоследствии возглавили отдел 400 завода № 183. Именно поэтому в конструкции В-2 и АН-1 впоследствии оказалось так много общих черт. Усилия создателей АН-1 не ограничивались только авиационной тематикой.



В.М. Яковлев

Начиная с 1937 г. В.М. Яковлев занимался доводкой двигателя АН-1М, катерного варианта АН-1А, оборудованного реверс-муфтой от Микулинского судового мотора ГАМ-34. В 1939 г. этот мотор прошел заводские испытания. Двигатель доводился до середины 1940 г., но в серийное производство не передавался в связи с занятостью В.М. Яковлева и его сотрудников доводкой авиационного варианта дизеля. В 1940 г. наименование этого двигателя было изменено на М-40. Так, "очень просто" был создан новый авиадизель, причем на первых порах не пришлось потратить даже на чертежи: прежнее название просто замазали, а поверх написали новое. Главным конструктором М-40 являлся В.М. Яковлев, который в мае 1940 г. представил на государственные 100-часовые испытания этот вариант дизеля. У двигателя была долгая и не очень удачная судьба.

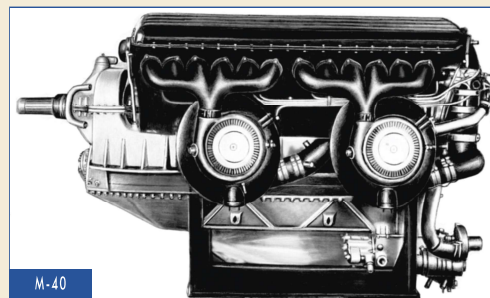
А.Д. Чаромский, партиз с дореволюционным стажем и красный комиссар Гражданской, был разумеется, потрясен



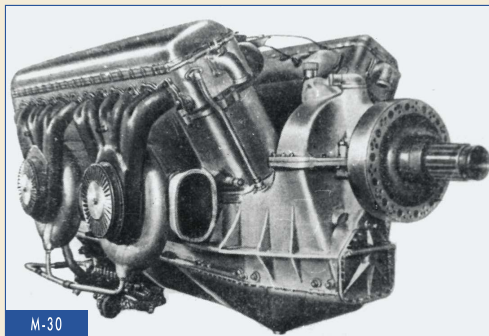
Разрез оппозитного двигателя Jumo-205



Jumo-205, с которым работал Чаромский в НИЛДе



М-40



M-30

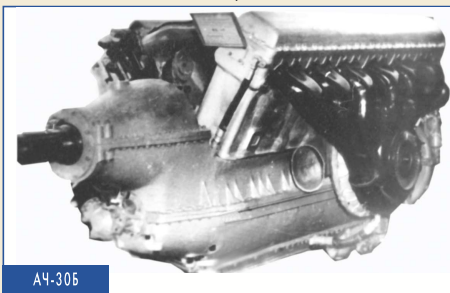
поворотом судьбы. Его, авторитетного специалиста, руководителя и знатока дизелей беспощадно унизили и объявили вульгарным "врагом народа". Однако он не был бы тем легендарным среди авиационных мотористов России инженером,

если бы только впал в депрессию и целиком подчинился положению. Позже А.Д. Чаромский вспоминал: *"Конечно, у всех там (в Особом техническом бюро) не могло не быть чувства обиды и горечи, но я себе сказал, что самое вредное будет, если эта обида станет играть какую-то роль в работе. Поэтому и своих сотрудников... я настраивал на тот же лад..."* Если невозможно освободиться самому, то в его положении, работая, по сути, в той же области, что и до ареста, оказалось можно достичь творческой свободы. Как это ни парадоксально, но лишь попав в "шарашку", Чаромский освободился от гнета технических решений, которые тянулись "по наследству" от ранних версий АН-1 и создавали множество проблем при доводке дизеля. Начав работу в новом для себя коллективе ОТБ НКВД на заводе № 82, он получил возможность пересмотреть ряд важнейших узлов двигателя с учетом уже накопленного опыта.

За время работы в ОТБ А.Д. Чаромский спроектировал два образца авиационных дизелей. Авиационный дизель М-20 (который первоначально разрабатывался в ЦИАМ) представлял собой мощный 24-цилиндровый двигатель взлетной мощностью до 3000 л.с. Мотор имел необычную ромбическую схему с двумя противоположно движущимися поршнями в каждом цилиндре. Впоследствии этот двигатель доводился на заводе № 82, который с 1939 г. и назывался ОТБ НКВД. Мощный М-20 не был достроен и в серию никогда не передавался. Однако, тем же коллективом малой серий на заводе № 82 строился М-30, оснащенный четырьмя турбокомпрессорами (ТК), он устанавливался на самолеты БОК-15 и ТБ-7. В техническом отчете по обобщению опыта эксплуатации моторов М-30 и М-40 на самолетах ТБ-7, разработанном специалистами управления самолетов и моторов ГУ ВВС, эта необычная ситуация находит яркое подтверждение: *"В целом мотор М-30 оказался проще в производстве и в эксплуатации; конструкция его в силовом отношении является более жесткой и при меньшем сухом весе (на 50-60 кг) она является более надежной, допускающей без особой переделки форсирование мотора"*.

В ночь на 11 августа 1941 г. в налете на Берлин приняли участие 6 тяжелых бомбардировщиков ТБ-7, оснащенных авиационными дизелями. На одном из самолетов были установлены М-30, а на остальных М-40Ф. При этом налете М-30 показали себя гораздо лучше, чем М-40Ф. Главный конструктор по М-30 в ЦИАМ Ф.Я. Тулунов (формальный руководитель коллектива создателей М-30, ведь фамилия "арестанта" Чаромского не могла фигурировать в документах) попытался обратиться к высшим должностным лицам государства и написал письмо Л.З. Мехлису с предложением вернуть Чаромского в ЦИАМ и развернуть работы по авиационным дизелям.

В 1942 г. А.Д. Чаромский был освобожден из заключения и



ACh-30B

назначен главным конструктором вновь созданного завода № 500, на котором развернули серийный выпуск дизелей М-30Б. В отличие от предшественника этот вариант двигателя оснащал-

ся двумя ТК и приводным центробежным нагнетателем, заимствованным от мотора АМ-38. Двигатель М-30Б, получивший в 1944 г. новое наименование АЧ-30Б по имени создателя, являлся в то время самым мощным в мире авиационным дизелем (взлетная мощность 1102 кВт (1500 л.с.), номинальная 920 кВт (1250 л.с.) на высоте 6000 м).

С декабря 1943 г. началось серийное производство бомбардировщиков Ер-2, оснащенных дизелями АЧ-30Б. Самолеты поступили на вооружение семи полков. В апреле 1945 г. бомбардировщики Ер-2 выполнили 80 боевых вылетов, в том числе они участвовали в массированном ударе по Кенинсбергу.

За годы войны выпущено более 1500 двигателей АЧ-30Б. Деятельность А.Д. Чаромского по оснащению авиации дальнего действия двигателями АЧ-30Б, в сентябре 1944 г. была отмечена высшей наградой страны того времени - Сталинской премией первой степени. Вот как, по словам наркома А.И. Шахурина, отреагировал на награду Алексей Дмитриевич: *"Чаромский поблагодарил и сказал, что званием лауреата премии решил внести на восстановление родного ему Ленинграда и на помощь сиротам войны. Я знал,*



Ер-2

что после несчастья, которое с ним случилось, в его доме была лишь солдатская кровать, а на нем - единственный костюм и ботинки. Не очень смело я сказал:

- Прошу Вас, не делайте этого, у Вас же нет самого необходимого.

И услышал в ответ:

- Алексей Иванович, сироты нуждаются больше, чем я".

В 1944 г. Чаромскому было присвоено звание генерал-майора инженерно-технической службы. Его работы как главного конструктора были отмечены рядом высоких правительственных наград: орденами Ленина в 1945 и 1948 гг., Суворова II степени в 1944г., Трудового Красного Знамени в 1943 г.

В 1947 г., после того, как завод № 500 перевели на "реактивную тематику", Чаромский заниматься ею не захотел и перебрался обратно в ЦИАМ, где семнадцать лет назад он начинал тяжкий путь создания авиадизеля. Здесь он продолжает работы по созданию двухтактного авиадизеля, разрабатывая проект двигателя М-305 с взлетной мощностью 7360 кВт (10 000 л.с.) и одноцилиндровый отсек этого двигателя У-305 по схеме, позаимствованной у уже упоминавшихся нами немецких Junkers Jumo 205, с парой поршней, двигающихся встречно в одном цилиндре. На первых порах шла отладка одноцилиндрового отсека, затем изготовили "спарку", а в 1953 г. был разработан четырехцилиндровый турбопоршневой дизель мощностью 580...600 л.с. Впрочем, к тому времени работы по поршневым двигателям в ЦИАМ уже сворачивались. Доработку У-305 пришлось продолжать в НИЛДе (это было несложно, поскольку НИЛД располагался тогда на одной территории с ЦИАМ, занимая то самое помещение, которое еще в 30-м году было передано НАМИ новому институту для создания ОНД Чаромского: все возвращается на круги своя). Результаты этих работ стали для Алексея Дмитриевича основой для докторской диссертации, успешно защищенной в 1953 г.

В 1954 г. А.Д. Чаромский выходит с предложением о создании дизеля для среднего танка на основе У-305. Это предложение



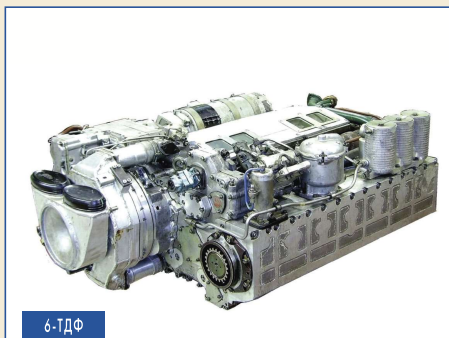
Вручение А.Д. Чаромскому ордена Ленина в 1948 г.

5-ТД с оппозитным движением поршней



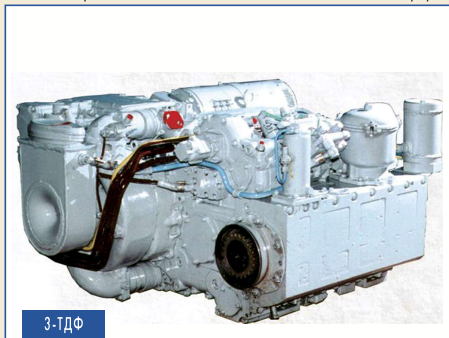
войны - Харьковский паровозостроительный завод, в одном из КБ которого созданы легендарный танк Т-34 и танковый дизель В-2). Так как танковое моторное КБ этого завода осталось в основном своем составе в Челябинске, то А.Д. Чаромскому пришлось формировать новое КБ, создавать опытную базу, налаживать опытное и серийное производство, заниматься отработкой технологии, которой не располагал завод. И все это в крайне сжатые сроки.

В 1959 г. танковый двухтактный двигатель 5ТД ("чемодан" - так прозвали двигатель за плоскую форму) мощностью 426 кВт (580 л.с.) успешно прошел межведомственные испытания. В это время главный конструктор танка А.А. Морозов выдвинул требование повышения мощности до 515 кВт (700 л.с.). А.Д. Чаромский, который достиг пенсионного возраста, обратился к руководству с просьбой об освобождении его от должности главного конструктора по состоянию здоровья, рекомендовав в качестве своего преемника молодого инженера Л.Л. Голинца. Просьба была удовлетворена, хотя и вызвала большое недовольство руководства. Необходимая мощность была достигнута у форсированного дизеля 5ТДФ.



6-ТДФ

возможности танкового дизеля позволили в его 6-цилиндровом исполнении без принципиальных изменений в его конструкции 6-ТДФ достичь мощность 880 кВт (1200 л.с.). С некоторыми изменениями эта конструкция выпускается и до нашего времени.



3-ТДФ

С 1961 по 1976 гг. А.Д. Чаромский работал в институте двигателей АН СССР в должности начальника отдела, заместителя главного конструктора института (ОКБ "Заря" НПО "Красная звезда"). До последних дней А.Д. Чаромский являлся консультантом харьковского завода им. В. Малышева и НИИДа. Он активно участвовал в деятельности Ученых Советов НИИД, МВТУ им. Н. Баумана, уделяя много внимания подготов-

совпало с требованием главного конструктора нового танка А.А. Морозова, и А.Д. Чаромский был назначен главным конструктором завода им. В. Малышева в Харькове (до

ке молодых кадров моторостроителей, работе по истории отечественного дизелестроения. Алексей Дмитриевич Чаромский был выдающимся ученым, конструктором, организатором, педагогом и воспитателем. Интеллигентность, технический интеллект, внутренняя грамотность и необоримая логика - качества, которые были примером для подражания у всех, с кем бы ни работал Алексей Дмитриевич. И все они считают его своим учителем.



Памятная доска А.Д. Чаромскому на доме по Ленинградскому проспекту 58

Создание танка и его двигателя было отмечено присуждением Ленинской премии, но об основном авторе его конструкции (традиционно) забыли и лишь в 1971 г. наградили орденом Трудового Красного Знамени. Большие потенциальные возможности танкового дизеля позволили в его 6-цилиндровом исполнении без принципиальных изменений в его конструкции 6-ТДФ достичь мощность 880 кВт (1200 л.с.). С некоторыми изменениями эта конструкция выпускается и до нашего времени. Мало того, в КБ этого Харьковского завода в самом конце XX века был разработан 3ТДФ - вариант "половинного" 6-ТДФ с тремя ступенями и вдвое меньшей мощности для легкой бронетехники.



Танковый дизель В-84МС

ного моторостроения, ни в НИИД, ни на прочих предприятиях, которые он создал, с которыми сотрудничал или долгое время возглавлял. Увы, память человеческая коротка и, порою, несправедлива...



Танковый дизель В-92С2



Х-образный двигатель 12Н-360 для Т80Б

Сегодня о том, кто такой А.Д. Чаромский, в Москве напоминает лишь мемориальная плита на доме, где он жил. Нет никаких "внешних признаков памяти" о нем, одном из создателей института, ни в Центральном институте авиацион-

А дизеля, ведущие свою родословную от АН-1, АЧ-30, 5-ТД и других конструкций Чаромского исправно стучат в моторных отсеках кораблей, тепловозов, танков, автомобилей. И долго еще будут работать.





ПОЛИТЕХ ИСТОРИЯ АВИАЦИИ В МОДЕЛЯХ ТРИПЛАН

Валентин Георгиевич Иванов, старший научный сотрудник Политехнического музея

Является ли масштабная модель летательного аппарата: самолёта или вертолёта, собранная из покупного набора деталей, музейным предметом? Многие ответят отрицательно, и с этим легко согласиться. Но если таких моделей шестьсот наименований и они достаточно полно отражают историю развития мировой авиации, то ценность собрания бесспорна. В прошедшем году такую коллекцию передал Политехническому музею сотрудник ЦАГИ Иван Владимирович Кудишин. Пока высокая фондовая комиссия Музея не приняла решения, включать ли собрание Кудишина в научно-вспомогательный фонд целиком, или отдельными особо интересными предметами, или вовсе не включать: пластмасса моделей недолговечна. Изучать историю мировой авиации можно по письменным источникам и помещённым в них иллюстрациям. В последние годы вышло несколько объёмных томов по этой тематике. Но, имея перед собой даже маломасштабную модель изучаемого летательного аппарата, видишь данный образец как бы в современном формате 3D. Процесс изучения, запоминания значительно упрощается. А занятия с детьми без наглядных пособий вообще нереальны. Политехнический музей имеет в фондах сравнительно небольшую коллекцию масштабных моделей самолётов и вертолётов, выполненных модельными мастерскими специально для экспозиционного использования. Особенно привлекательно собрание моделей амфибий, летающих лодок и вертолётов, созданных фирмой Сикорского непосредственно под его руководством или после его ухода учениками конструктора. Коллекция изготовлена известной модельной фирмой на Филиппинах, экспонировалась в Политехническом музее на юбилейной выставке авиаконструктора в 1999 году и подарена международным фондом "Илья Муромец" имени И.И. Сикорского после её закрытия. Но этих моделей всего 21 наименование. Есть и небольшое количество моделей, изготовленных специальной мастерской ЦАГИ. Но они все в разных масштабах. А в собрании Кудишина моделей в двух масштабах: М 1:72 и М 1:144 для крупных самолётов почти 600. Этим она и ценна!

Возьму на себя смелость, опираясь на эти модели, осветить не очень известные места в истории авиации. И начну с триплана - аппарата с тремя рядами несущих плоскостей. Самолёты такой конструкции принимали активное участие в воздушных боях Первой мировой войны. И первой на арену военных действий выступила с трипланом английская авиастроительная компания "Сопвич" (Sopwith). На Западном фронте эти самолёты появились в феврале 1917 года. Образец рождался оперативно: Главный конструктор фирмы Герберт Смит применил фюзеляж и хвостовое оперение от самолёта "Пап" (Pap), доведённый 9-ти цилиндровый ротативный двигатель Клерже (Clerget) мощностью 130 л.с., отработанную систему плоскостей аэродинамического управления. Первый полёт прототипа лётчик Гарри Хоукер выполнил 26 мая 1916 года. В сентябре того же года было развёрнуто серийное производство. Получилась хорошо управляемая быстрая по нормам того времени

военная машина. Автор статьи о триплане "Сопвич" в книге "Полная энциклопедия мировой авиации" (Корпорация "Фёдоров", 1997) отмечает, что немецкие пилоты предпочитали избегать схваток со строем этих истреби-

телей. В книге В.А. Обуховича "Самолёты первой мировой войны" (Минск ХАРВЕСТ, 2003) даже встречается термин "трипланобязнь". Большая площадь плоскостей управления давала самолёту преимущества в маневрах воздушного боя перед немецкими бипланами. С постройкой более перспективного истребителя "Кэмэл" (в коллекции Кудишина он тоже представлен) выпуск трипланов закончился. Всего сдано около 150 машин.

В стремлении догнать Сопвич в постройке триплана голландская авиастроительная компания "Фоккер" построила экспериментальный самолёт подобной схемы. Главным конструктором фирмы Мартин Кройцер погиб 27 июня 1916 года при испытании самолёта D.1. Его заменил Рейнгольд Плятц. Опытный образец триплана V3, созданный преобразованием недостроенного биплана в триплан, имел три тонких свободно несущих крыла малого удлинения, типичный стальной фюзеляж, отработанный фирмой, трёхпорное шасси с совершенно новым профилированным обтекателем основных колёс. Созданию образца содействовал другой авиаконструктор с громким именем - Хуго Юнкерс. Первый полёт совершил лётчик М.А. Рихтгофен, который дал самолёту хорошую оценку и рекомендацию к постройке серии для перевооружения лётных частей. Выявленные недостатки, затрудняющие пилотирование в испытательных полётах, устранили. Доработанный образец V4 прошёл программу лётных испытаний и в начале лета 1917 года поступил в части под индексом Фоккер Dr.1. Двигатель - 9-цилиндровая "звезда" Ле Рон (Le Rhone) мощностью 110 л.с. - строилась по лицензии компанией Тулин (Thulin). К завершению серии в мае 1918 года было сдано более трёхсот машин. Большая площадь аэродинамических плоскостей управления, отработанный двигатель, конструкция, в которой все массивные части: двигатель, топливные баки, пушки, контейнер с боеприпасами собраны в единый блок с кабиной, обеспечили хорошие лётные качества самолёту фирмы Энтони Фоккера. Боевое применение, однако, показало, что двигатель Ле Рон на высоте теряет мощность. Первые два самолёта погибли уже в следующем месяце. Строились модернизированные образцы с двигателями Goebel Goe III, Mercedes DII, Siemens-Halske Sh III.

Во всех книгах о самолётах первой мировой войны отмечается имя германского лётчика Манфреда Альбрехта фон Рихтгофена. Везде он фигурирует как "лучший ас первой мировой войны". Мы его имя приводим только оттого, что последние два десятка побед он совершил на триплане Фоккер Dr.1. Его самолёт отличался красной окраской от других машин эскадрильи, которой он командовал. Модель с такой окраской и передал Кудишин Музею. В литературе также отмечено, что этот пилот был сбит 21 апреля 1918 года на австрийском участке фронта. Исследователи склоняются к мысли, что его самолёт был сбит пулемётным огнём с земли, а не в воздушном бою.

В заключение надо отметить, что натуральный трофейный триплан фирмы "Сопвич" демонстрируется в Центральном музее ВВС в Монино. Триплан "Фоккер" с красной окраской "под Рихтгофена" (подлинный сбитый самолёт аса, как отмечено выше, погиб) экспонируется в Музее техники Вадима Задорожного. Оба музея в Подмоскowie, общедоступны.  Связь с автором: vgivanov@polytech.one



Модель триплана "Сопвич"



Модель самолёта Рихтгофена

ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЦЕНЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ГТД В СВЯЗИ С ПОВЫШЕНИЕМ МЕЖРЕМОНТНОГО И НАЗНАЧЕННОГО РЕСУРСА

ФГБОУ ВО Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева
Игорь Исаакович Ицкович, к.т.н, доцент кафедры экономики, менеджмента и экономических информационных систем
Ольга Владимировна Камакина, к.э.н., доцент, зав. кафедрой экономики, менеджмента и экономических информационных систем,
Олег Вячеславович Немтырев, к.т.н, доцент кафедры экономики, менеджмента и экономических информационных систем

Предложено расчетное обоснование повышения цены промышленного газотурбинного двигателя в связи с повышением его ресурса, апробированное на предприятии.

A calculated rationale for increasing the price of an industrial gas turbine engine in connection with an increase in its resource has been proposed, tested at the enterprise.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, повышение ресурса, повышение цены двигателя
Keywords: gas turbine engine, resource increase, engine price increase

Убытки производства промышленных газотурбинных двигателей могут снижаться за счет обоснованного повышения их отпускной цены предприятием-производителем и снижения себестоимости производства двигателей, но этому есть препятствия:

- повышению предприятием отпускной цены промышленных ГТД, даже при повышении их качества, препятствуют коммерческие посредники между производителем и потребителем двигателей;
- снижение себестоимости производства ГТД не в интересах предприятия, т.к. приводит к снижению себестоимости и, следовательно, прибыли и выручки от продукции госзаказа, производимой на единых мощностях с промышленными двигателями.

В итоге, предприятие использует компромиссное решение, - фактически перекладывает общехозяйственные (заводские) накладные расходы от производства промышленных ГТД на другую продукцию предприятия. Это приводит к заметному снижению валовой прибыли предприятия, но такова отечественная практика производства ГТД.

В данной статье показана обоснованность повышения предприятием отпускной цены промышленных ГТД и, следовательно, снижения убытков от их производства. При этом, эффект от повышения качества (ресурса) ГТД распределяется одновременно между производителем и потребителем двигателей.

Промышленные газотурбинные двигатели имеют назначенный ресурс порядка 60-100 тысяч часов и более, при наработке в год порядка 6-8 тысяч часов, выполнении 2-3 капитальных ремонтов за назначенный ресурс, и стоимости каждого капитального ремонта порядка 40% от цены двигателя. Увеличение межремонтного ресурса двигателя, при сохранении числа капитальных ремонтов, снижает удельную стоимость каждого часа его эксплуатации и формирует экономический эффект для потребителя. В эксплуатации каждого двигателя фиксируется его наработка на отказ, при этом замечается, что лидерные двигатели парка постепенно начинают превышать по своей наработке назначенный им ресурс. Производитель, с наблюдаемым повышением надежности двигателей и ростом наработки их парка, имеет основания повышать отпускную цену и свои гарантийные обязательства (межремонтный ресурс) для следующих серийных двигателей данного типа, в целях компенсации затрат производителя на конструкторское сопровождение парка двигателей. Обоснованное повышение цены серийного промышленного ГТД с повышением его назначенного и межремонтного ресурсов, выполненное с учетом опыта предприятия ПАО "ОДК - Сатурн", отражено в данной статье.

Затраты по повышению надежности продукции двигательного предприятия могут быть компенсированы повышением ее цены, при условии обоснования экономического эффекта и для потребителя двигателя. Экономический эффект для потребителя двигателя определим как разность затратами в жизненном цикле ГТД до и после увеличения назначенного ресурса двигателя. Расчет эффекта предлагаем выполнять по следующему алгоритму.

1. Найдем исходные удельные затраты в эксплуатации ГТД на час назначенного ресурса и оценим суммарные затраты $Q_{исх.}$ в увеличенном жизненном цикле:

$$Q_{исх.} = ((C_{исх.} + Z_{ГСМ} + n_{рем.} \times K_{рем.} \times C_{исх.}) / T_{исх.}) \times (K_{рес.} \times T_{исх.}), \quad (1)$$

где:

$C_{исх.}$ - исходная цена двигателя до повышения ресурса;

$Z_{ГСМ}$ - затраты на топливо и масло;

$n_{рем.}$ - количество плановых капитальных ремонтов двигателя в жизненном цикле, сохраняемое неизменным с повышением ресурса (т.к. увеличивается межремонтный ресурс);

$K_{рем.}$ - отношение цены планового капитального ремонта к цене двигателя;

$T_{исх.}$ - исходный назначенный ресурс двигателя;

$K_{рес.}$ - отношение увеличенного назначенного ресурса к исходному назначенному ресурсу.

2. Найдем прогнозируемые затраты в эксплуатации ГТД при увеличенном назначенном ресурсе $Q_{прог.}$:

$$Q_{прог.} = K_{ц.} \times C_{исх.} + K_{рес.} \times Z_{ГСМ} + n_{рем.} \times K_{рем.} \times C_{исх.} \times K_{ц.}, \quad (2)$$

где $K_{ц.}$ - коэффициент повышения цены двигателя в связи с увеличением назначенного ресурса.

3. Экономический эффект у потребителя в связи с увеличением назначенного ресурса, как разность уравнений (1) и (2), составит $Эфф. = Q_{исх.} - Q_{прог.} = (1 + n_{рем.} \times K_{рем.}) \times (K_{рес.} - K_{ц.}) \times C_{исх.}$ (3)

Полученное уравнение (3) показывает, что экономический эффект у потребителя двигателя достигается только при условии $K_{рес.}$ больше $K_{ц.}$.

Рассчитаем по формуле (3) экономический эффект для потребителя реального двигателя мощностью 2,5 МВт с одновременным повышением его цены от 39747 тыс. руб. и назначенного ресурса, при условиях: количество капитальных ремонтов $n_{рем.} = 2$ и $K_{рем.} = 0,399$.

Таблица 1. Экономический эффект для потребителя (тыс. рублей) при одновременном повышении назначенного ресурса и цены промышленного двигателя мощностью 2,5 МВт (пример расчета по формуле 3).

$K_{ц.}$	Цена двигателя с учетом повышения, тыс. руб.	$K_{рес.}$					
		1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
1	39747	0	7146	14292	21438	28584	35730
1,1	43721		0	7146	14292	21438	28584
1,2	47696			0	7146	14292	21438
1,3	51671				0	7146	14292
1,4	55645					0	7146
1,5	59620						0

Расчет показал (таблица 1), что повышение межремонтного и назначенного ресурса одного данного двигателя на 20%, при повышении цены двигателя на 10% (на 4 млн. рублей), создает экономический эффект для потребителя в сумме 7146 тыс. руб. за жизненный цикл двига-

теля, за счет уменьшения удельных затрат на капитальные ремонты на час наработки двигателя.

Практическое использование предлагаемой методики расчетно-го обоснования повышения цены ГТД с повышением его назначенного и межремонтного ресурсов следующее:

- предприятие-производитель может расчетом обосновать перед потребителем повышение цены двигателя, которое оправдано происходящим у последнего снижением затрат на час эксплуатации двигателя;

- обоснована расчетом значительная дополнительная валовая прибыль производителя ГТД от повышения ресурса для всего парка улучшенных двигателей данного типа, через повышение цены новых двигателей и цены капитальных ремонтов;

- экономически обоснована эффективность работы по конструкторскому сопровождению для повышения надежности и ресурса двигателей в эксплуатации.

Экономический эффект предприятия - производителя промышленных ГТД от обоснованного повышения цены ГТД при повышении назначенного и межремонтного ресурсов может составлять сотни миллионов рублей в год, что компенсирует затраты производителя на постоянное повышение качества ГТД при конструкторском сопровождении.

Связь с авторами: iitskovichi@yandex.ru,
kamakina@mail.ru
nemyrev@rsatu.ru.

ИНФОРМАЦИЯ

Компания Jaguar Land Rover постоянно расширяет семейство двигателей Ingenium и 14 февраля этого года представила общественности новый шестицилиндровый бензиновый двигатель, разработанный инженерами Jaguar Land Rover в Центре по производству двигателей, расположенном в британском Вулверхэмптоне.

3,0-литровый рядный шестицилиндровый бензиновый двигатель, в первую очередь установленный на Range Rover Sport, поставляется в двух версиях: мощностью 360 л.с. и 400 л.с. (крутящий момент 495 Нм и 550 Нм, соответственно). Более отзывчивый и сбалансированный, чем бензиновый V6, двигатель работает в паре с мягкой гибридной силовой установкой MHEV, уже представленной в модельном ряду Land Rover на новом Evoque.

Новый шестицилиндровый агрегат получил все современные технологии двигателестроения, включая 48-вольтовый электрический нагнетатель в дополнение к основному турбокомпрессору twin-scroll. Нововведение позволяет существенно сократить время отклика двигателя на действия водителя благодаря быстрому повышению давления наддува.

Наличие двойного нагнетателя и системы плавного изменения высоты подъема впускных клапанов (CVVL) позволили повысить мощность силового агрегата и обеспечить его работу с максимальной эффективностью. В результате, новый шестицилиндровый двигатель обладает повышенной динамикой с одновременным сокращением расхода топлива и объема вредных выбросов.

Эти технологии работают в сочетании с новой мягкой гибридной силовой установкой MHEV, что в результате также позволяет улучшить показатели динамики и расхода топлива, уменьшая объем вредных выбросов. Технология MHEV обеспечивает рекуперацию энергии, образующейся во время торможения и движения накатом. Эта энергия сохраняется в аккумуляторной батарее MHEV напряжением 48 В и с помощью компьютера распределяется так, чтобы помогать двигателю при старте с места и кратковременном ускорении. Такой процесс возможен благодаря ременно-

му стартер-генератору (BiSG), который перенаправляет энергию в расположенную в нише багажника батарею. При этом, в отличие от технологии подзаряжаемого гибрида PHEV, технология MHEV не требует подзарядки от электросети.

Мягкая гибридная силовая установка позволяет сократить расход топлива до 9,3 л/100 км и объем выбросов CO₂ до 213 г/км, а также уменьшает время отклика двигателя на действия водителя. Технология MHEV стала очередным шагом Land Rover в рамках стратегии по электрификации всего модельного ряда к 2020 году.

Новый шестицилиндровый Ingenium был спроектирован и разработан в Центре по производству двигателей Jaguar Land Rover в британском Вулверхэмптоне и будет производиться наряду с существующими четырехцилиндровыми бензиновыми и дизельными двигателями.

Центр общей площадью 200 тыс. м² представляет собой безотходное производство - все используемые материалы подвергаются переработке. Jaguar Land Rover обеспечивает свои британские производственные мощности 100 % возобновляемой энергией, а на крыше Центра установлены солнечные батареи, позволяющие генерировать до 30 % от всего объема потребляемой энергии.

Центр по производству двигателей укомплектован передовым оборудованием и использует максимально точные производственные технологии, в частности, механизмы, способные работать с погрешностью в три микрона (при толщине человеческого волоса в 50 микрон).

В дополнение к стремлению производить экологичные бензиновые и дизельные двигатели компания Jaguar Land Rover продолжает инвестировать средства в рамках своей электрификационной стратегии. Производство нового поколения электрических силовых установок стартует уже в 2020 г.

Последние автомобили Jaguar Land Rover с дизельными и бензиновыми двигателями входят в число самых экологичных в ми-



ре, они прошли лабораторные испытания и были протестированы в реальных условиях (WLTP и RDE). Двигатели полностью отвечают экологическим стандартам EU6 и могут эксплуатироваться в любых условиях.

Jaguar Land Rover непрерывно инвестирует средства в свое развитие: на разработку новых продуктов и капитальные расходы в 2019 году будет направлено 4 миллиарда фунтов стерлингов.

С 2020 года клиенты компании получат возможность установки электрических моторов на все новые модели Jaguar Land Rover. В ближайшее время компания планирует представить версии текущих автомобилей с электрическими, гибридными силовыми установками и в версии мягкого гибрида, а также продолжить выпуск автомобилей с передовыми бензиновыми и дизельными двигателями.



ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

ПРОГНОЗ И ЭКСПЕРТИЗА УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ ЖРД НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Показано, что ВЧ-неустойчивость в ЖРД может возникнуть только в условиях турбулентного потока, а точнее в ядре камеры сгорания. Наиболее вероятная область – область вблизи форсуночной головки.

Основными принципами подавления неустойчивости являются: ламинизация потока; ликвидация положительных градиентов давления; увеличение вязкости (переход на другие компоненты).

На базе этих принципов могут разрабатываться конструкторские мероприятия (кресты, выдвижные форсунки, резонаторы...). Показано, что способ возбуждения колебаний (мягкий или жесткий) в ЖРД не может приводить к ВЧ-неустойчивости.

It is shown that high-frequency instability in the LRE can occur only in turbulent flow conditions, or rather in the core of the combustion chamber. The most likely area is the area near the nozzle head. The main principles of instability suppression are: flow lamination; elimination of positive pressure gradients; increased viscosity (the other components). On the basis of these principles can be developed design activities (crosses, retractable nozzles, resonators...). It is shown that the method of excitation of oscillations (soft or hard) in the LRE can not lead to HF instability.

Ключевые слова: турбулентность, устойчивость, камера, двигатель.

Keywords: turbulence, stability, camera, engine.

Пожалуй, самая актуальная и трудная проблема, которая возникает при создании ЖРД, это проблема ВЧ-устойчивости. В настоящее время отсутствуют адекватные методы прогноза этого уникального явления, а методы борьбы с ним начинаются после того, как начал "частить" неправильно спроектированный и уже изготовленный из "железа" двигатель. Существующие методы расчета прогнозных параметров ВЧ-устойчивости имеют существенную ущербность как в постановке, так и в их реализации. Отсутствие в этих методах вязкости и сжимаемости не только не дают возможности правильных предсказаний, но они и не предусмотрены для правильной постановки задачи. Другими словами, на сегодняшний день не существует таких критериев, по которым можно судить о возникновении ВЧ-неустойчивости.

Более того, многие понятия этой темы так и не объяснены: что это такое и как это влияет на процесс?

1. Такое понятие как автоколебания [1], берущее свое начало из теоретических работ Пуанкаре, экспериментальных Ван дер Поля и сформулированных Андроновым и Виттом, путают с понятием резонанса. Первое - это равенство диссипативных и дисперсных сил, а второе - это равенство частот собственных и вынужденных.

2. Неправильно используются понятия "мягкое" и "жесткое" возбуждение. Считается, что в зависимости от типа возбуждения можно прийти или не прийти к возникновению неустойчивости. Это принципиально не так. Устойчивой системе, а именно колебательному контуру в виде продуктов сгорания внутри камеры, все равно как на неё будет воздействовать внешнее усилие. Она (устойчивая система) действительно может начать колебаться, но эти колебания затухнут, и система не достигнет автоколебательных движений. А вот если система неустойчива, то достаточно даже малых воздействий, чтобы привести ее в состояние автоколебаний. Тогда и нет различий, как она будет приведена в состояние неустойчивости, "мягко", с малыми градиентами, или "жестко" - с большими.

3. Существующий критерий Релея, который был им получен после анализа опытов Рийке и Босша-Рисса, достаточно расплывчатый и в практических расчетах не удобен, хотя хорошо отражает основные физические процессы. Этот критерий практически не используется в методиках.

Таким образом, можно констатировать, что, к сожалению, в настоящее время российская наука (да и мировая тоже) в этой об-

ласти знаний (ВЧ-устойчивости) находится на начальном этапе своего развития. Прямым текстом это означает, что в настоящее время нет достоверных методов анализа, позволяющих прогнозировать данное явление на стадии проектирования и нет методов для проведения качественной экспертизы для, хотя бы, оценки выявления причин уже возникшей неустойчивости и разработки рекомендаций по ее устранению. Нет!

Существующие методы борьбы с неустойчивостью

Наиболее "ходовые" методы, которые применяются на сегодняшний день - эмпирические [2]. Ранее было показано, что если в области форсуночной головки установить крест Исаева, то можно избежать неустойчивости. Можно, но не всегда. Так называемый крест Исаева - это пластины вдоль потока, которые разбивают вихри и тем самым можно подобрать их количество 5 или 6 и т.д., когда двигатель не будет "частить". Для этого все-таки нужно сделать двигатель и его испытать на ВЧ. Если не частит, то это очень хорошо. Повезло. Но, как правило, он (двигатель) начинает частить. Тогда в лабораторных условиях его начинают доводить. И если это не получается, то двигатель надо выбрасывать. Как же понять, как устанавливать эти спасительные пластины? А никак. По наитию. Методом проб и ошибок. С учетом предыдущего опыта.

Есть еще один способ. Этот крест сформировать из форсунок. Другими словами, часть форсунок выдвинуть вперед к соплу, рассекая плоскость форсунок неким подобием креста. Этот способ, как показала практика, очень продуктивен. Помимо того, что сам поток в камере несколько ламинизируется, сдвигается область перемешивания компонентов (окислителя и горючего), а значит сдвигается область подвода в систему внешней энергии, необходимой для автоколебаний.

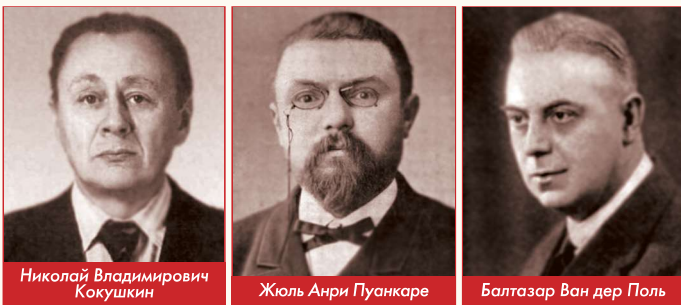
Пожалуй, наиболее вразумительным является метод борьбы с неустойчивостью, который был разработан на базе великолепных результатов опытов Рийке. Это - красивый метод, но он чисто эмпирический. Для того, чтобы им воспользоваться, необходимо знание того факта, что двигатель частит и все, больше ничего! Тогда, памятуя об опытах Рийке, можно сказать, что если труба (у нас камера) "запела", то в области максимального подвода энергии сосредоточилась пучность волны и остается только отодвинуть место подвода энергии в сторону сопла. Другими словами, если переместить зону пересечения струй от форсунок дальше к срезу, то место подвода не будет совпадать с пучностью и автоколеба-

ний (неустойчивости) не возникнет. Таким способом часто пользовались при отработке камер сгорания и часто (конечно, не всегда) этот способ приводил к положительным результатам.

Отметим, что все способы, в том числе и описанный выше, основаны на изменении геометрии камеры сгорания. Но вот как ее изменять! Существующие методы на эту тему в настоящее время далеки от совершенства. В отдельных книгах можно найти рекомендации по выбору длины камеры ЖРД, по соотношению ее длины и диаметра, но этого мало. Ведь рекомендации даны по трубе, а камера сгорания - далеко не труба.

Метод прогноза ВЧ

В работе [3] изложен новый метод, который позволяет еще на стадии проектирования ЖРД определить потенциальные области возникновения ВЧ-неустойчивости [3]. Следует сразу заявить, что в РДТТ неустойчивости быть не может. Возникающие эпизодически колебания по разным причинам (колебание первьез заряда, встречные потоки и др.) со временем исчезнут из-за быстро изменяющегося свободного объема. Исследования Н.В. Кокушкина и его коллег показали сильное влияние частиц к-фазы на процесс затухания возникающих колебаний.



Разработанный метод позволяет определить эти (эпизодические) колебания, но автоколебания - нет, так как их не будет. Для проведения расчетов по методике камеру ЖРД необходимо прежде всего начертить и рассчитать. Расчет проводится до ее изготовления с учетом рекомендаций работы [4]. При этом следует выполнить необходимые и достаточные условия возникновения автоколебаний:

$$\frac{\kappa M^2}{\nu} \cdot \vec{v} \cdot \frac{d(\frac{\vec{v}}{\text{rot}^2 \vec{v}})}{d\tau} > \frac{1}{4} \text{ и } \omega = \text{const.}$$

Далее нужно правильно рассчитать газовое поле $\vec{v}(x, y, z, \tau)$. К большому сожалению, следует сказать, что современные электронные продукты для расчета газового поля, построенные на уравнениях Рейнольдса, не позволяют выделить области образования вихрей. Они рассчитаны только на определение течений по руслу, то есть ламинарных течений (первая тройка уравнений) и на расчет так называемых пульсационных течений поперек потока (другая тройка уравнений), которые, по сути, тоже имеют поступательное движение, но в разных направлениях.

Прямой расчет уравнений Навье-Стокса возможен только для очень маленьких, практически микроскопических объемов в силу высоких требований, накладываемых на ЭВМ. Поэтому получить поле роторов можно только после разработки соответствующих новых программ. Эти программы должны основываться на преобразованных уравнениях Навье-Стокса, строго соответствующих правилам преобразования. Такие преобразования изложены в [5] и на их базе стало возможным правильно поставить газодинамическую задачу. Основное уравнение имеет вид:

$$\text{rot} \vec{j} = \pm \sqrt{\frac{(1 - M^2)}{\nu}} \cdot \vec{j} \cdot \text{grad } p.$$

Или, если перейти к скоростям, то

$$\text{rot} \vec{v} = \pm \sqrt{M^2 (1 - M^2)} \frac{1}{\mu} \vec{v} \text{grad } p.$$

Граничные условия на стенке и на оси запишутся:

$$\vec{v}_w = 0, \\ \frac{d\vec{v}_{\text{оси}}}{dy} = 0.$$

Видно, что основное уравнение, которое учитывает вязкость и сжимаемость потока, дополняется условиями прилипания и сопровождения [6]. Последняя система, а именно:

$$\frac{\kappa R^3}{\nu a^2} \cdot \omega \cdot \frac{d\vec{v}}{d\tau} > 1,$$

и

$$\text{rot}^2 \vec{v} = M^2 (1 - M^2) \frac{1}{\mu} \cdot \vec{v} \cdot \text{grad } p \quad (\mu = \nu \cdot \rho),$$

где R , ω и a - радиус вихря, его угловая скорость и скорость звука; позволяет определить области, где возможно возникновение ВЧ-неустойчивости (рис. 1).



Рис. 1 Газовое поле: 1 - устойчиво, 2 - неустойчиво

Физические принципы борьбы с неустойчивостью

Опираясь на полученную выше систему можно предложить несколько мероприятий по устранению ситуаций, когда в процессе работы ЖРД возникает ВЧ-неустойчивость.

Прежде всего следует сказать, что ВЧ-неустойчивость возникает исключительно в турбулентных потоках, а именно, в случае, когда сформируются такие устойчивые пространственные циклические движения в виде устойчивых вихрей, которые при соответствующих ограничениях перейдут во временную циклику:

$$\omega \rightarrow \omega_0,$$

где ω - угловая скорость вихря, ω_0 - собственная частота колебаний внутри системы.

Где же может возникать турбулентность? Ответ: только в камере [7]. Но при правильно спрофилированном двигателе $\text{grad } p$ всегда отрицательный, и в камере, и в сопле:

$$\text{grad } p < 0, \\ \text{grad} \vec{v} > 0.$$

Тем не менее, в области форсуночной головки, начиная от ее стенки, до конца зоны горения, поток будет турбулентным [8]. За пределами зоны горения (рис. 2) поток опять станет ламинарным. На протяжении всего последующего движения он таковым и останется. Конечно, если не возникнет особых предпосылок, когда $\text{grad } p$ станет больше нуля.

Итак, прежде всего, с неустойчивостью нужно бороться, деформируя геометрию камеры непосредственно в области форсунок. Но это самое очевидное.

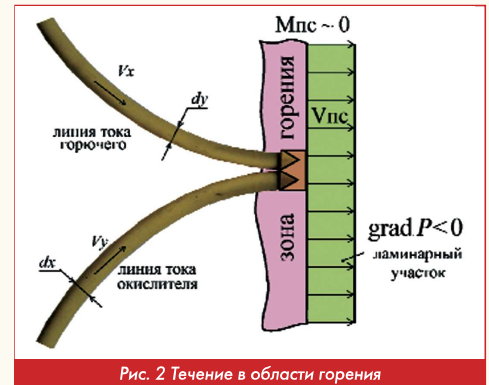


Рис. 2 Течение в области горения

Как было показано, так и делают, но методом проб и ошибок.

Какие еще способы устранения можно отметить? Сформулируем рекомендации:

1. Надо уходить от турбулентности, хотя это и противоречит основному требованию по смесеобразованию для обеспечения полноты выгорания топлива. Тем не менее, нужно стремиться уменьшать ротор: $\text{rot} \vec{v} \rightarrow 0$.
2. Надо замедлять поток, что опять же приводит к его ламинизации.
3. По возможности переходить на вязкие компоненты ($\mu \uparrow$).
4. Необходимо снижать положительный градиент давления ($\text{grad } p \rightarrow 0$).

5. Необходимо снизить число Рейнольдса.
6. Необходимо снизить показатель адиабаты.
7. Повышать скорость звука в потоке или, что тоже самое, повышать газовую постоянную и температуру потока.
8. Можно для демпфирования колебаний добавлять в поток мелкие частицы.
9. Стремиться создавать турбулентность с малоразмерными вихрями, то есть мелкомасштабную турбулентность ($R \rightarrow 0$).
10. По возможности ликвидировать парность вихрей, например, устанавливая на головке нечетное количество форсунок.
11. И еще один очень тонкий момент. Для его иллюстрации преобразуем второе уравнение и представим его в виде:

$$\text{rot}^2 \vec{v} = M^2 (1 - M^2) \frac{1}{\mu} \frac{dp}{d\tau}$$

Получается, что положительный рост давления, его величина, влияя на возникновение турбулентности. Чем больше $dp/d\tau$, тем интенсивнее турбулентность. То есть чем больше производная $dp/d\tau$ или чем круче зависимость $p(\tau)$, тем жестче воздействие на колебательную систему. Другими словами, можно констатировать, что на режиме выхода двигателя на расчетную величину давления система может быть подвергнута жесткому возбуждению. В этом случае могут возникнуть колебания с амплитудой тем большей, чем производная больше. Но эти колебания, скорее всего, затухнут, если не будет выполнено достаточное условие постоянства ротора. Именно постоянство ротора приводит к автоколебаниям. А это произойдет только в случае, если $dp/d\tau = \text{const}$ (число Маха в цилиндрической камере практически не меняется). Но производная $dp/d\tau$ не может быть постоянной величиной, так как известно, что кривая выхода двигателя на режим имеет сильную зависимость от времени [9].

Таким образом, анализ физических принципов, заложенных в систему мероприятий по исключению неустойчивости в процессе работы камеры ЖРД, показывает направления построения оптимальных конструкций камеры сгорания и, главное, форсуночной головки. А сам разработанный метод прогноза неустойчивости позволяет проводить качественную экспертизу при проектировании, создании и отработке ЖРД. **▲**

Литература

1. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и автоколебательный процесс в ЖРД // Двигатель №3, 2012.
2. Е.В. Лебединский, И.Г. Лозино-Лозинская, И.В. Меркулов и др. Акустические средства борьбы с неустойчивостью горения // М. "Центр Келдыша", 2005.
3. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Возникновение неустойчивости в ЖРД // Двигатель №2, 2012.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и неустойчивость в ЖРД // Двигатель №6, 2011.
5. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и математическое доказательство ее невозможности в сверхзвуковом потоке // Двигатель №3, 2018.
6. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Фундаментальное граничное условие сопровождения и новая постановка краевой задачи вязкой газовой динамики // Двигатель №5, 2015.
7. Ю.М. Кочетков. Турбулентность при работе тепловых турбомашин // Двигатель №2, 2018.
8. Ю.М. Кочетков. Критические параметры процессов в энергодвигательных установках // Двигатель №6, 2018.
9. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Закон пси от кси // Двигатель №2, 2017.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ. "Металлическое дерево"

Группе ученых из американских университетов (Пенсильванского, Иллинойского и Кембриджского) удалось контролировать процесс создания структурированного материала на уровне отдельных атомов. В результате был получен новый материал, получивший название "металлическое дерево". Этот материал был изготовлен из никеля, но его вес в пять раз меньше исходного материала, а по прочности он превосходит титан.

Прочность нового материала основывается на том же, что и у чистой целлюлозы, являющейся мягким материалом: высокая прочность получается при её формировании в виде структуры древесины. В настоящее время в некоторых видах искусственных целлюлозных материалов удалось практически достичь показателей прочности некоторых марок стали.

Новый материал получился во время поиска и отработки новых методов создания металлической пористой структуры, напоминающей структуру древесины. Для достижения подобного эффекта использовалась процедура вспенивания расплавленного металла или трехмерная печать, обеспечивающая точность в несколько сотен нанометров. Однако, у обоих методов имеются свои недостатки: при вспенивании очень трудно добиться равномерного распределения плотности материала, а процесс трехмерной печати крайне медленен для его использования в промышленном производстве.

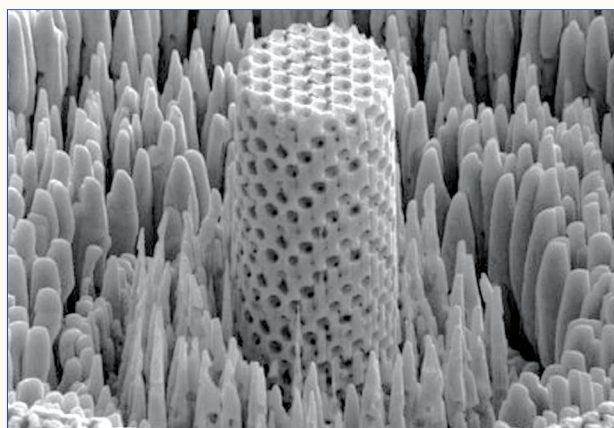
Согласно результатам предыдущих исследований, ключевую роль в увеличении прочности материала играет уменьшение размера его структурных единиц. Исследователям удалось этого добиться при помощи пластиковых наночастиц, размерами в несколько десятков нанометров, равномерно размешанных в воде. При испарении воды эти сферические частицы упорядочиваются в виде геометрически правильной структуры, после чего на их поверхность гальванически осаждается слой никеля, который постепенно заполняет все пространство между частицами. После этого пластик удаляется путем растворения и оста-

ется тончайшая металлическая сетка. Коэффициент заполнения пространства металлом не превышает 30 %, остальные 70 % приходятся на пустоту. Удельный вес этого материала получился менее 1.

До последнего времени ученым удалось создать образцы "металлического дерева" в форме фольги, площадью около одного квадратного сантиметра. Дальнейшие исследования направлены на изучение свойства "металлического дерева" и его поведения под воздействием экстремальных механических нагрузок.



Другой интересный потенциал данной технологии заключается в том, что пустое пространство в металлической структуре может быть заполнено другим материалом. Естественно, что металлическая структура, заполненная жидким или твердым электролитом, может стать элементом аккумуляторной батареи очень большой емкости, которая сможет питать очень долгое время устройство, в которое она встроена. **▲**



МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН
ИЗОБРЕТЕНИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

АРХИМЕД

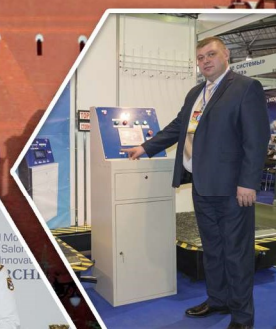
с 26 по 29
МАРТА 2019

Москва, Россия,
Конгрессно-выставочный
центр «Сокольники»,
павильон N 2



- Конкурсная программа
- Презентация высокотехнологичных проектов
- Международная выставка товарных знаков «Товарный знак – Лидер»
- Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы изобретательской и патентно-лицензионной деятельности»
- Международная выставка изобретений, новых продуктов и услуг

Заявки на участие принимаются до 20 февраля 2019 года
105187, г. Москва, ул. Щербаковская, д.53, к.В,
000 «АрхимедЭкспо», e-mail: mail@archimedes.ru
Телефон/факс: +7(495) 366-14-65, +7(495) 366-03-44
www.archimedes.ru



ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ШИН ПНЕВМОКОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТА НА КОМБИНИРОВАННОМ ХОДУ

ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ"

Алексей Валерьевич Екимов, аспирант

Сергей Николаевич Семикин, к.т.н., руководитель направления "Системы, узлы и агрегаты"

Актуальность аналитического подхода к вопросам износостойкости шин колесного двигателя локомотивов связана с увеличением объёмов выпускаемых транспортных средств, повышением скоростных характеристик и времени эксплуатации в рельсовом режиме. The relevance of the analytical approach to the issues of wear resistance of tires of wheel drive cars is associated with an increase in the volume of vehicles produced, increasing the speed characteristics and operating time in rail mode.

Ключевые слова: локомотив, дорожно-рельсовый, на комбинированном ходу, износ шин. Keywords: road-rail vehicle, hi-rail, hy-rail, tire wear.

Оснащение базового шасси осями с направляющими катками представляет способ перевода на комбинированный ход, по которому выполнено около 90% мирового парка дорожно-рельсовых машин. Статистика показывает, что большинство эксплуатационных отказов дорожно-рельсовой техники приходится на ходовую часть [2]. Основными причинами выхода из строя шин локомотивов является износ протектора ввиду больших удельных давлений в контакте с опорной поверхностью и разрушение каркаса. Величина фрикционного и усталостного видов износа зависит от удельного давления, величины проскальзывания, температуры и материала шины.

$$G = \sum_{j=1}^x G_j \quad (1)$$

где G - вес транспортного средства; G_j - осевая нагрузка j -той оси.

От схемы размещения осей зависят: перераспределение веса по колесам и устойчивость движения, сложность рулевого управления, целесообразные типы подвесок и схемы трансмиссии, возможность использования серийно выпускаемых запасных частей [1].

На рис. 1 представлено распределение нагрузок, применяемое на грузовых локомотивах с ведущими и неуправляемыми осями за исключением передней.

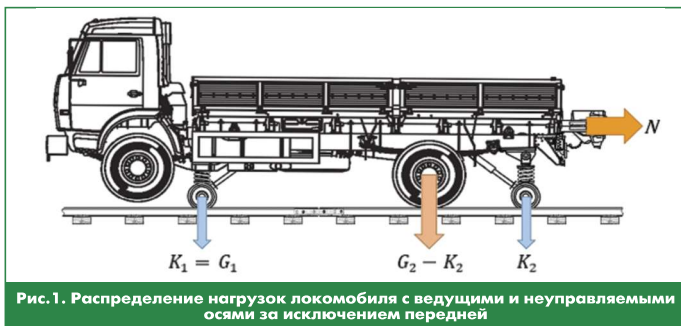


Рис. 1. Распределение нагрузок локомотива с ведущими и неуправляемыми осями за исключением передней

В рельсовом режиме нагрузку, приходящуюся на переднюю ось G_1 , принимает ось передних катков K_1 . Величина нагрузки на ось задних катков K_2 с достаточной для практики точностью определяется неравенством (2) по условиям предотвращения схода реборды катка на рельс под действием боковых сил и необходимости в избыточной силе тяги на ведущих колесах.

$$G_2 - \frac{[m](1,2 a + g(i + 0,02)) + N(i + 0,006)}{\varphi} \geq K_2 \geq 0,1 G_2 \quad (2)$$

где G_2 - нагрузка, приходящаяся на заднюю ось или балансир задней тележки в дорожном режиме, Н;

$[m]$ - максимальная допустимая масса транспортного средства в рельсовом режиме, кг;

a - эксплуатационное значение ускорения, м/с²;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

i - наибольшая величина продольного уклона;

φ - коэффициент сцепления пары "шина-рельс",

N - вес прицепной нагрузки, Н.

Следовательно, выражение нагрузки на ведущее колесо в

рельсовом режиме принимает вид (3).

$$[G_{кр}] k_{зан} \geq \frac{G_2 - K_2}{n} \quad (3)$$

где $[G_{кр}]$ - допустимая колесная нагрузка; $k_{зан}$ - коэффициент запаса (5);

n - число пневматических колес, взаимодействующих с рельсовым полотном.

Для грузовых локомотивов, выполненных по схеме (см. рис. 1), $[G_{кр}]$ определяется по выражению (4).

$$[G_{кр}] = p_w A b k_{кр} \quad (4)$$

где p_w - номинальное давление воздуха в шине, Па;

A - длина пятна контакта, м;

b - ширина головки рельса, м;

$k_{кр}$ - коэффициент насыщенности рисунка.

В качестве параметра, обеспечивающего запас по величине для колесной нагрузки, выступает радиальная жесткость каркаса шины.

$$k_{зан} = 1 + \frac{0,85 C_z h_z}{[G_{кр}]} \quad (5)$$

где C_z - радиальная жесткость каркаса шины, Н/м;

h_z - величина нормального прогиба на плоскости при номинальном давлении воздуха и полной массе транспортного средства, м.

Решением системы уравнений и неравенства (6), принимая в качестве граничного параметра $[G_{кр}]$ и значений $\varphi \geq 0,35$, $i \leq 0,04$, определяется значение максимальной допустимой массы транспортного средства.

$$\begin{cases} K_2 = -[G_{кр}] k_{зан} n + G_2 \\ [m] = \frac{(G_2 - K_2)\varphi - N(i + 0,006)}{1,2 a + g(i + 0,02)} \\ m \leq [m] \leq M \end{cases} \quad (6)$$

где m - снаряженная и M - полная массы транспортного средства, кг. Наибольший возможный вес прицепной нагрузки (состава) N из

условия преодоления сопротивления движения определяется по формуле (7).

$$N = \frac{[G_{кр}] k_{зан} n \varphi - 0,001 [m] g (24 - i) - 0,0182 (K_1 + K_2)}{0,0058 + 0,001 i} \quad (7)$$

Условия эксплуатации локомотивов могут изменяться в широких пределах. Тяговые и тормозные нагрузки на колесах повышают интенсивность износа шин в степенной зависимости [3]. На рис. 2 представлены основные виды износа и повреждений беговой части протектора шины правого колеса средней оси локомотива МАРТ-3 на базовом шасси Урал-4320. Локомотив находился в круглосуточной всесезонной эксплуатации в г. Тюмень с прицепной нагрузкой весом до 5 МН в течение двух лет.

В то же время на боковине шины нити корда испытывают деформации сжатия, причем, когда рельс проходит по оси симметрии (рис. 3,а), эти деформации имеют примерно одинаковую величину, как и при качении шины по плоской поверхности. При смещении рельса к краю протектора (рис. 3,б), ближайшая боковина шины оказывается нагруженной значительно больше, и деформации сжатия нитей корда на этой боковине резко возрастают [2].

Повышение и научно-практическое обоснование эксплуатационных свойств и показателей, а также понимание объективной связи между ними имеет существенное значение для совершенства

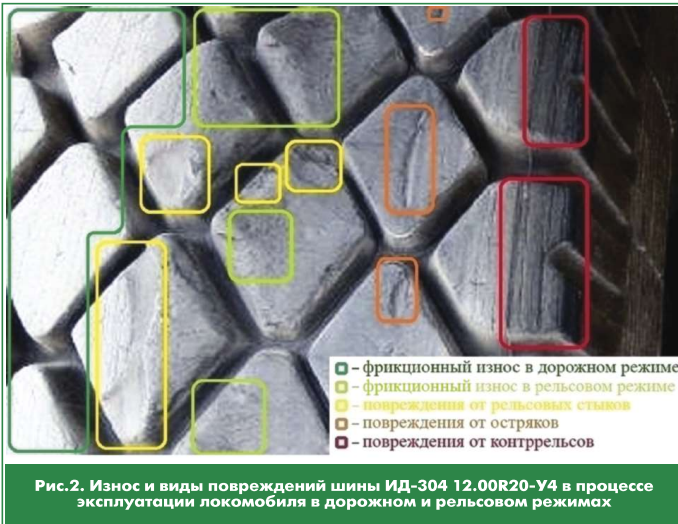


Рис.2. Износ и виды повреждений шины ИД-304 12.00R20-У4 в процессе эксплуатации локомотива в дорожном и рельсовом режимах

- - фрикционный износ в дорожном режиме
- - фрикционный износ в рельсовом режиме
- - повреждения от рельсовых стыков
- - повреждения от острижков
- - повреждения от контррельсов

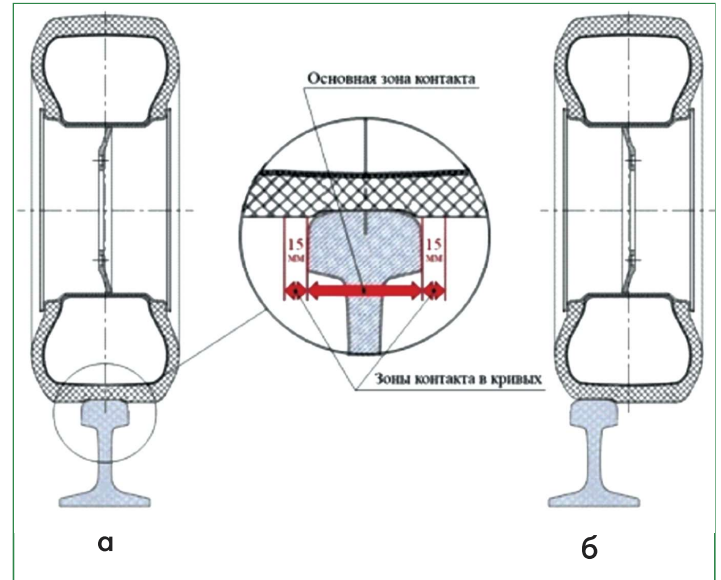


Рис.3. Зоны контакта шины локомотива в рельсовом режиме

ния конструкции колесных машин на комбинированном ходу [4]. Вариантом совершенствования управления эксплуатацией шин является использование в практике работы методики расчета нормативов, учитывающей закономерности влияния на долговечность и безотказное функционирование шин.

Литература

1.Агейкин Я.С. Специальные главы теории автомобиля. Учебное пособие. - М.: МГИУ, 2008. - 148 с.
 2.Бардышев О.А., Кудряшов А.В., Тэттер В.И. Машины на комбинированном ходу. - М.: Транспорт, 1975. - 135 с.

3.Кленников Е.В., Кнороз В.И., Петров И.П., Шелухин А.С., Юрьев Ю.М. Работа автомобильной шины. - М.: Транспорт, 1976. - 238 с.

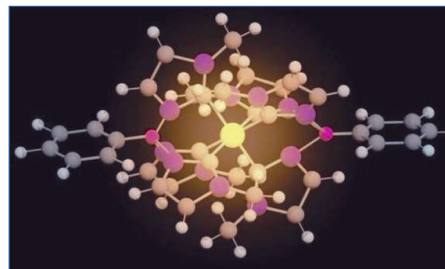
4.Маценский А.А., Скотников В.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. - М.: Агропромиздат, 1986. - 383 с.

Связь с авторами: ekimovalexei@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ

В настоящее время практически все технологии искусственного фотосинтеза и солнечной энергетики основаны на использовании фотокатализаторов, называемых металлическими комплексными составами, эффективно поглощающими солнечный свет. В большинстве случаев в состав молекул этих катализаторов входят такие достаточно редкие и дорогие элементы, как рутений, осмий, иридий и платина. Однако группе исследователей из Лундского университета в Швеции удалось отыскать новый вид каталитической молекулы, основой которой являются атомы железа, а свойства этой молекулы позволяют использовать ее как в технологиях производства жидкого топлива, так и в технологиях получения солнечной электроэнергии.

Так как железо является одним из наиболее распространенных элементов на Земле, его использование позволит карди-



нально снизить стоимость технологий искусственного фотосинтеза, а это, в свою очередь, обеспечит быстрое их продвижение на широкий потребительский рынок.

Новая каталитическая молекула стала конечным результатом исследований, во время которых ученые искали альтернативные варианты для замены дорогих металлов. Ученые перепробовали массу вариантов и остановили свой выбор именно на железе. Дальнейшие исследования привели к появлению сложной железосодержащей

молекулы, которая уже сейчас может использоваться в солнечной энергетике. А способность этой молекулы к реакциям с другими молекулами позволяет получать при ее помощи жидкое топливо, такое, как этанол или метанол.

Проведенные эксперименты показали, что металлосодержащая молекула сохраняет свои каталитические свойства в течение достаточно долгого времени. А небольшие добавки в состав катализатора молекул другого типа позволят с высокой эффективностью получать водород путем расщепления молекул воды под воздействием солнечного света.

В настоящее время шведские ученые работают в направлении улучшения структуры разработанной ими каталитической молекулы для того, чтобы увеличить эффективность преобразования ею энергии солнечного света.

ИНФОРМАЦИЯ

В России заканчивается разработка авиационного малоразмерного турбовального двигателя (ТВД) ВК-800. Он разрабатывается для замены иностранных двигателей и в этом году должен пройти стендовые испытания. В следующем году предстоит сертифицировать летательный аппарат с этим двигателем. В ближайшее время двигатель для самолетного применения будет собран «в железе» для проведения сертификационных испытаний.

В случае успешного проведения всех испытаний ВК-800 станет основой для сило-

вых установок для легких самолетов и вертолетов грузоподъемностью до 1,5 тонн. Среди них - многоцелевые вертолеты «Ансат», Ка-226, Ка-126 (Ка-128) и Ми-54.

ВК-800 разрабатывается в «ОДК-Климов» (Санкт-Петербург) и на Уральском заводе гражданской авиации (Екатеринбург).

Уровень параметров двигателя выбран исходя из условия применения отработанной модели центробежного компрессора и одноступенчатых неохлаждаемых турбин. Эти особенности упрощают конструкцию двигателя и снижают затраты на его произ-



водство и эксплуатацию, а высокие характеристики основных узлов позволяют обеспечить этому двигателю высокий уровень экономичности.



ОЦЕНКА РАЗНОТЯГОВОСТИ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВУХКОНТУРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО САМОЛЁТА, ОБУСЛОВЛЕННОЙ РАЗНИЦЕЙ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ ИХ РОТОРОВ

Продолжение темы. Начало в №5 и №6 за 2018 г.

"Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ)
Аделя Юрьевна Бурова, старший преподаватель
Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Рассмотрены вопросы, связанные с оценкой разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей силовой установки двухдвигательного самолёта в полёте с несимметричной тягой. Формализованы принципы пошаговой оценки разнотяговости этих двигателей по измеряемым значениям частот вращения их роторов при взлёте самолёта и наборе им высоты.

The issues related to the assessment of the thrust asymmetry of turbojet two-circuit engines of the power plant of a twin-engine aircraft in flight with asymmetric thrust are considered. The principles of step-by-step evaluation of the thrust asymmetry of these engines on the measured values of the rotation frequencies of their rotors during takeoff and climb are formalized.

Ключевые слова: турбореактивный двухконтурный двигатель, тяга, разнотяговость, частота вращения ротора низкого давления, частота вращения ротора высокого давления.

Keyword: turbojet two-circuit engine, thrust, thrust asymmetry, low pressure rotor speed, high pressure rotor speed.

Согласно программам управления турбореактивными двухконтурными двигателями (ТРДД) силовых установок (СУ) среднемагистральных самолётов (СМС) и дальнемагистральных самолётов (ДМС) по частоте вращения ротора низкого давления (РНД) $n_1 \pm \delta n_1 = const$, как, например, у Airbus A-310 с двигателями фирмы "General Electric", и частоте вращения ротора компрессора высокого давления (КВД) $n_2 \pm \delta n_2 = const$, как, например, у Airbus ИЛ-96-300 с ТРДД ПС-90А, разнотяговость ТРДД можно и должно оценивать, вводя в систему автоматического управления (САУ) СУ СМС и ДМС специальные поправки частот вращения роторов их ТРДД $\delta n_1 = C_1 dn_1/dt$, $\delta n_2 = C_2 dn_2/dt$ и анализируя соотношение частот вращения РНД ТРДД таких СУ n_1 с учётом поправок $C_1 dn_1/dt$ и соотношение частот вращения роторов КВД n_2 тех же ТРДД с учётом поправок $C_2 dn_2/dt$ [1-5]. Величина поправок $C_1 dn_1/dt$ и $C_2 dn_2/dt$ обусловлена техническим состоянием этих ТРДД, от динамических свойств которых зависят числовые значения "весовых" коэффициентов C_1 и C_2 [1,2]. Оценивать уровень DR разнотяговости ТРДД СУ двухдвигательного самолёта в полёте можно и должно сравнительным анализом силы тяги R его двигателя, у которого частоты вращения роторов n_1 и n_2 , а их поправки $C_1 dn_1/dt$ и $C_2 dn_2/dt$ и силы тяги R^* другого двигателя, у которого частоты вращения роторов n_1^* и n_2^* , а их поправки $C_1^* dn_1^*/dt$ и $C_2^* dn_2^*/dt$ [1,2,5].

Результаты исследования и их обсуждение

Принципы пошаговой оценки разнотяговости ТРДД СУ двухдвигательного самолёта по измеряемым значениям частот вращения их роторов при взлёте и наборе высоты на 1 -м и $(i+1)$ -х шагах автоматического контроля значений разнотяговости этих ТРДД $(DR)_i$ и $(DR)_{i+1}$, соответственно, в зависимости от значений силы тяги $(R)_i$, частоты вращения РНД $(n_1)_i$ и частоты вращения ротора КВД $(n_2)_i$ одного из его двигателей с учётом поправок $C_1 (dn_1/dt)_i$ и $C_2 (dn_2/dt)_i$ и значений силы тяги $(R^*)_i$, частоты вращения РНД $(n_1^*)_i$ и частоты вращения ротора КВД $(n_2^*)_i$ другого двигателя с учётом поправок $C_1^* (dn_1^*/dt)_i$ и $C_2^* (dn_2^*/dt)_i$ можно и должно формализовать в виде рекуррентных разностных уравнений с коэффициентами J_1 и J_2 , полагая, что $i=1,2,3...I_{TAKEOFF}-1$; $(n_1)_{i+1}=(n_1)_i + C_1 (dn_1/dt)_i$ при $(n_1)_1=(n_1)_0 + C_1 (dn_1/dt)_0 = n_{1test} + 0 = n_{1test}$ и $C_1 (dn_1/dt)_0 = 0$;

$(n_1^*)_{i+1}=(n_1^*)_i + C_1^* (dn_1^*/dt)_i$, при $(n_1^*)_1=(n_1^*)_0 + C_1^* (dn_1^*/dt)_0 = n_{1test}^* + 0 = n_{1test}^*$ и $C_1^* (dn_1^*/dt)_0 = 0$;

$(n_2)_{i+1}=(n_2)_i + C_2 (dn_2/dt)_i$ при $(n_2)_1=(n_2)_0 + C_2 (dn_2/dt)_0 = n_{2test} + 0 = n_{2test}$ и $C_2 (dn_2/dt)_0 = 0$;

$(n_2^*)_{i+1}=(n_2^*)_i + C_2^* (dn_2^*/dt)_i$, при $(n_2^*)_1=(n_2^*)_0 + C_2^* (dn_2^*/dt)_0 = n_{2test}^* + 0 = n_{2test}^*$ и $C_2^* (dn_2^*/dt)_0 = 0$;

n_{1test} , n_{1test}^* , n_{2test} , n_{2test}^* - значения частот вращения роторов этих двигателей, замеренные на заводских горячих стендах в условиях серийного производства таких ТРДД, [1, 2]:

$$(DR)_{i+1} = (R)_{i+1} - (R^*)_{i+1} = [J_1(n_1)_{i+1}^2 + J_2(n_2)_{i+1}^2] - [J_1(n_1^*)_{i+1}^2 + J_2(n_2^*)_{i+1}^2] =$$

$$= J_1[(n_1)_i + C_1(dn_1/dt)_i]^2 - J_1[(n_1^*)_i + C_1^*(dn_1^*/dt)_i]^2 + J_2[(n_2)_i + C_2(dn_2/dt)_i]^2 -$$

$$- J_2[(n_2^*)_i + C_2^*(dn_2^*/dt)_i]^2 = J_1\{[(n_1)_i]^2 + 2C_1(n_1)_i(dn_1/dt)_i + 2(C_1)^2(dn_1/dt)_i^2 -$$

$$- (C_1)^2(dn_1/dt)_i^2 - (n_1^*)_i^2 - 2C_1^*(n_1^*)_i(dn_1^*/dt)_i - 2(C_1^*)^2(dn_1^*/dt)_i^2 +$$

$$+ (C_1^*)^2(dn_1^*/dt)_i^2\} + J_2\{(n_2)_i^2 + 2C_2(n_2)_i(dn_2/dt)_i + 2(C_2)^2(dn_2/dt)_i^2 -$$

$$- (C_2)^2(dn_2/dt)_i^2 - (n_2^*)_i^2 - 2C_2^*(n_2^*)_i(dn_2^*/dt)_i - 2(C_2^*)^2(dn_2^*/dt)_i^2 +$$

$$+ (C_2^*)^2(dn_2^*/dt)_i^2\} = \{J_1[(n_1)_i^2 - (n_1^*)_i^2] + J_2[(n_2)_i^2 - (n_2^*)_i^2]\} +$$

$$+ 2J_1\{C_1(dn_1/dt)_i[(n_1)_i + C_1(dn_1/dt)_i] - C_1^*(dn_1^*/dt)_i[(n_1^*)_i + C_1^*(dn_1^*/dt)_i]\} +$$

$$+ 2J_2\{C_2(dn_2/dt)_i[(n_2)_i + C_2(dn_2/dt)_i] - C_2^*(dn_2^*/dt)_i[(n_2^*)_i + C_2^*(dn_2^*/dt)_i]\} -$$

$$- J_1\{[C_1(dn_1/dt)_i]^2 - [C_1^*(dn_1^*/dt)_i]^2\} -$$

$$- J_2\{[C_2(dn_2/dt)_i]^2 - [C_2^*(dn_2^*/dt)_i]^2\} = (DR)_i + (\delta DR)_i \text{ при } i=1,2,3...I_{TAKEOFF}-1; \quad (5)$$

$$(DR)_1 = (R)_1 - (R^*)_1 = [J_1(n_1)^2 + J_2(n_2)^2] - [J_1(n_1^*)^2 + J_2(n_2^*)^2] =$$

$$= J_1[(n_1)_0 + C_1(dn_1/dt)_0]^2 - J_1[(n_1^*)_0 + C_1^*(dn_1^*/dt)_0]^2 + J_2[(n_2)_0 + C_2(dn_2/dt)_0]^2 -$$

$$- J_2[(n_2^*)_0 + C_2^*(dn_2^*/dt)_0]^2 = J_1[(n_1)_0^2 - (n_1^*)_0^2] =$$

$$= J_1[(n_{1test})^2 - (n_{1test}^*)^2] + J_2[(n_{2test})^2 - (n_{2test}^*)^2]$$

при $(dn_1/dt)_0 = (dn_1^*/dt)_0 = (dn_2/dt)_0 = (dn_2^*/dt)_0 = (\delta DR)_1 = 0.$ (6)

Если при взлёте и наборе высоты число шагов автоматического контроля разнотяговости ТРДД СУ двухдвигательного самолёта не превышает максимального числа таких шагов $I_{TAKEOFF} > i \geq 1$, то оценивать значения разнотяговости этих двигателей $(DR)_i$ и её поправки $(\delta DR)_i$ на i -х шагах такого контроля можно и должно пошагово сравнением измеряемых значений частот вращения РНД этих же двигателей $(n_1)_i$ и $(n_1^*)_i$ с учётом поправок $C_1 (dn_1/dt)_i$ и $C_1^* (dn_1^*/dt)_i$ и пошагово

Целью исследования является формализация принципов пошаговой оценки разнотяговости ТРДД СУ двухдвигательного самолёта по измеряемым значениям частот вращения их роторов при взлёте и наборе высоты.

Материал и методы исследования

Материалом исследования являются измеряемые значения частот вращения РНД и роторов КВД однотипных ТРДД. Методами исследования являются методы минимизации разнотяговости и асимметрии тяги однопоточных ТРДД в многомерной постановке задачи контроля и компенсации их разнотяговости и асимметрии тяги по двум параметрам тяги ТРДД [5, 6].

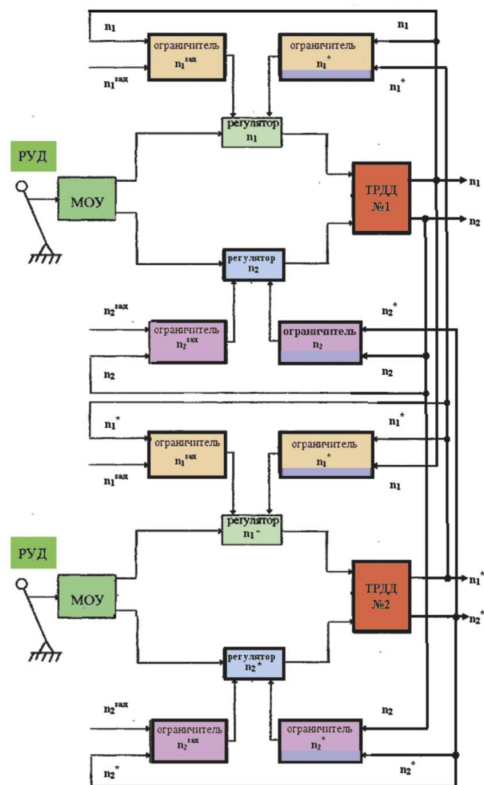


Рисунок 1 - Предлагаемая функциональная схема управления ТРДД двухдвигательного самолёта

вым сравнением измеряемых значений частот вращения роторов КВД тех же двигателей (n_{2j} и $(n_2^*)_j$) с учётом поправок $C_2(dn_2/dt)_j$ и $C_2^*(dn_2^*/dt)_j$ одновременно.

Взаимосвязи частот вращения РНД и роторов КВД отображены на функциональной схеме управления ТРДД двухдвигательного самолёта, приведенной на рисунке 1, где МОУ - механизм объединенного управления агрегатами автоматики, РУД - рычаг управления двигателем, $n_{1зад}$ - заданное значение частоты вращения РНД, $n_{2зад}$ - заданное значение частоты вращения ротора КВД.

Предложенная формализация принципов пошаговой оценки разнотяговости ТРДД СУ двухдвигательного самолёта по измеряемым значениям частот вращения их роторов при взлёте и наборе высоты может и должна обеспечить автоматический контроль разнотяговости двигателей такого самолёта путём ввода в САУ его СУ специальных поправок частот вращения роторов её ТРДД и анализа измеряемых значений этих частот с учётом их поправок. Такая формализация является дальнейшим развитием идеи контроля и минимизации разнотяговости и асимметрии тяги одноципных ТРДД в многомерной постановке задачи контроля и компенсации их разнотяговости и асимметрии тяги. Применение программной и (или) аппаратной реализации полученных формул пошаговой оценки разнотяговости ТРДД СУ двухдвигательного самолёта в САУ СУ СМС или ДМС способствует повышению безопасности полёта такого самолёта за счёт автоматического контроля разнотяговости двигателей его СУ по результатам сравнительного анализа измеряемых значений частот вращения РНД её ТРДД с учётом поправок этих частот и результатам сравнительного

анализа измеряемых значений частот вращения роторов КВД тех же ТРДД с учётом поправок этих частот одновременно. **П**

Литература

1. Бурова А.Ю., Кочетков Ю.М. Контроль разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей двухдвигательного самолёта при появлении разницы частот вращения их роторов // Двигатель. - 2018. - № 6 (120). - С. 8-9.
2. Бурова А.Ю., Кочетков Ю.М. Формализация зависимости разнотяговости турбореактивных двухконтурных двигателей двухдвигательного самолёта, возникающей от разницы частот вращения их роторов // Двигатель. - 2018. - № 5 (119). - С. 28-29.
3. Галлай М.Л. Полёт самолета с неполной и несимметричной тягой. - М.: Машиностроение, 1970. - 192 с.
4. Дворниченко В.В. Методология решения проблемных вопросов технической и лётной эксплуатации самолётов ГА и их ТРДД на стандартном и криогенных топливах с минимизацией "разнотяговости" ТРДД "на крыле": дис. ... докт. техн. наук. - М., 2006. - 627 с.
5. Дворниченко В.В., Бурова А.Ю. Глубокое тестирование турбореактивных двигателей методами математической статистики для повышения их соответствия нормативам ICAO // Вестник Московского авиационного института. - 2011. - Т. 18, № 3. - С. 116-127.
6. Новичков В.М., Бурова А.Ю. Применение ТРДД на ЛА с минимизацией "разнотяговости" для повышения безопасности полётов // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 11 (часть 7). - С. 1343-1351.

Связь с авторами: frambe@mail.ru

В ИЗМЕНЕНИЕ НАПЕЧАТАННОГО

На странице 10 прошлого, 120-го номера журнала "Двигатель" была опубликована статья В.В. Чобитка, поднимающая, как показалось редакции, интересную тему: **Определения ГОСТ и терминология в ГТД**. Актуальность темы нам виделась настолько значительной: стандартизирующие документы, действительно, сильно отстали от существующих реалий, что мы, с позволения автора, дали к статье подзаголовок **Критические замечания практикующего инженера** (поскольку как раз ко-го-кого, а уж практикующих инженеров у нас в редакции и редакционном совете предостаточно), позволили себе несколько подкорректировать отдельные положения, высказанные автором - некоторым образом несогласуемые с практикой двигателестроения. И, хотя автор и дал согласие на наши правки, прочитав статью целиком в журнале, он решил, что она неверно подаёт его собственные замыслы и идеи.

Мы никогда не практиковали таких вещей, но в этот раз решили отойти от наших обычаев и, практически БЕЗО ВСЯКИХ КОММЕНТАРИЕВ дали предложенные автором правки (в сравнении с текстом статьи), поскольку убедить автора в неправоте посредством переписки не удалось. **Так что, смотрите. П**

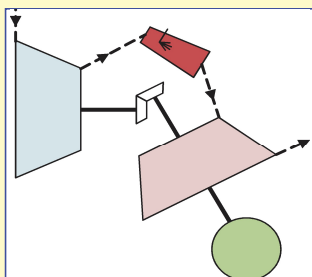


Рисунок 2 - Также одновалный ГТД
Важно понимать, что считается не число наличных в конструкции валов как таковых (на схеме - два вала), а сколько в ней независимых каскадов турбокомпрессоров

ВЕРСИЯ АВТОРА
Рисунок 2. Важно понимать, что считается не число наличных в конструкции валов как таковых (на схеме два вала), а сколько в ней независимых каскадов турбин.

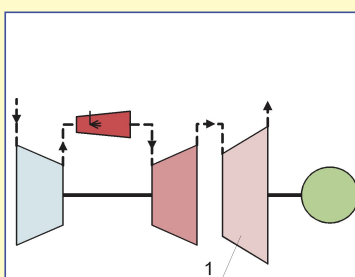


Рисунок 4 - Одновалный ГТД со свободной силовой турбиной и однокаскадным компрессором
1 - свободная силовая турбина с отдельным валом и отбором мощности

ВЕРСИЯ АВТОРА
Рисунок 4. Двухвалный ГТД со свободной силовой турбиной и однокаскадным компрессором
Примечание: к этой схеме относятся ГТД-350, ГТД-350Т (СССР), Boeing Model 502-10МА (США)

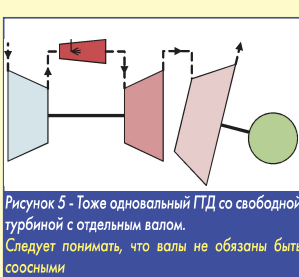


Рисунок 5 - Также двухвалный ГТД со свободной силовой турбиной с отдельным валом.
Следует понимать, что валы не обязаны быть соосными

В СТАТЬЕ
При этом лучше пользоваться не "числом турбин" а "количеством турбокомпрессорных групп". Чтобы не включать в это рассмотрение свободные турбины. О них - чуть далее.

ВЕРСИЯ АВТОРА
Рисунок 5. Также двухвалный ГТД

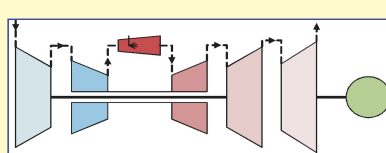


Рисунок 6 - Двухвалный ГТД со свободной силовой турбиной и двухкаскадным компрессором на отдельном валу

ВЕРСИЯ АВТОРА
Рисунок 6. Трёхвалный ГТД со свободной силовой турбиной и двухкаскадным компрессором
Примечание: к этой схеме относятся танковые ГТД-1000Т (СССР), AGT1500 (США)

ВЕРСИЯ АВТОРА
-

В СТАТЬЕ
[К слову, надо заметить, что реальных конструкций, в которых существуют турбокомпрессорные группы с числом валом более трёх, пока не наблюдались, так что спор о классификации имеет скорее теоретический характер, не более. Прим. Ред.]

ВЕРСИЯ АВТОРА
Автор считает, что "число валов турбокомпрессорной группы" и "число валов ГТД" - разные понятия, первое при классификации ГТД определяется терминами "одно-" и "многокаскадный компрессор", второе - "одно-" и "многовалный ГТД" (с указанием числа каскадов и валов для конкретной конструкции). Примером четырёхвального двигателя может служить ГТУ НК-36СТ с трёхкаскадным компрессором (тремя турбокомпрессорными группами)

Связь с автором: chobitok@gmail.com

ЗНАКИ ДОРЕВОЛЮЦИОННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ КЛУБОВ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ



Андрей Викторович Барановский



Московский клуб автомобилистов

В дореволюционной России практически все организации и клубы имели свои знаки и жетоны. Автомобильные клубы не стали исключением.

Вообще первый клуб автомобилистов был организован в Москве 20 марта 1900 года и носил название "Московский автомобильный клуб". Второй клуб возник в Санкт-Петербурге 24 ноября 1902 года. Это был Санкт-Петербургский Автомобиль-Клуб (СПАК).

Оба клуба, а также Московское автомобильное общество обзавелись своими эмблемами, а значит и знаками. Знаки первых двух в силу своей исключительной редкости никогда не появлялись на московских аукционах. А вот два знака Московского автомобильного общества были выставлены на аукционе №75, который под названием "Награды России" провела в мае 2012 г. нумизматическая фирма "Монеты и медали". За один было заплачено 165 тыс. рублей, за второй - 110 тыс.

Знак Первого Русского автомобильного клуба в Москве на том же аукционе был куплен за 180 тыс. рублей.

С появлением автомобильных клубов в крупных провинциальных городах началась подготовительная работа по объединению всех их в единую российскую организацию. В результате 15 мая 1904 года было образовано Российское автомобильное общество (РАО), хотя годом его основания, который указан на эмблеме, был 1903.

Первая эмблема РАО имела форму круга, по ободу которого шла надпись "Российское Автомобильное общество. 1903". Во втором внутреннем круге была переплетенных между собой букв "РАО".

С получением в 1910 г. права называться Императорским, эмблема клуба, а значит и знак были изменены. Теперь это был щит, внутри которого изображен двуглавый орел. В когтях птица держит венок с надписью "ИРАО".

Новый герб отражал новый статус. Здесь следует сделать важное замечание. Автомобилисты, принадлежавшие к определенному клубу, обязательно помещали его знак на капоте своего автомобиля. И вот один такой знак был куплен в мае 2018 г. на аукционе упомянутой уже фирмы "Монеты и медали" за 750 тыс. рублей, при начальной цене в 300 тыс. рублей. Сам знак сделан из бронзы с посеребрением и покрыт эмалью.

К 1917 году в России насчитывалось два десятка клубов и обществ автолюбителей и все они имели свою эмблему. Так эмблема "Балтийского автомобиль и аэроклуба" объединила особенности автомобиля и авиации (колесо, пропеллер и орел).

Что касается колеса, то оно присутствует в том или ином виде на эмблемах практически всех автомобильных обществ - Киевского клуба автомобилистов (Южнорусского Автомобильного Клуба в Харькове, Общества автомобилистов Царства Польского, Екатеринославского Автомобильного Клуба).

Наиболее сложная эмблема была у Одесского Общества Автомобилистов. В нем сплелись автомобильные

символы, герб самого города и монограмма "ОАО". Но знак этого общества никогда не появлялся на московских аукционах.

Имели свой знак и автомобильные курсы Русского технического общества. Он представлял из себя автомобильное колесо и над ним двуглавый орел и имперская корона. Собственный знак имели Курсы шоферов при Семеновском автомобильном гараже в



Эмблема одесского автомобильного общества

Санкт-Петербурге. Заведовал школой действительный тайный советник инженер-техник Косевич Владислав Фадеевич. Такой знак исключительно редок и он был выставлен на 26-м аукционе "Знак" со стартовой ценой в 170 тыс. рублей, но покупатель не нашел.

Примерно со второй половины XIX века в Русской Армии стала утверждаться система нагрудных знаков. Все вновь вводимые нагрудные знаки должны были утверждаться Императором. Как правило, для офицеров знаки изготавливались из серебра или бронзы и часто имели полностью или частично цветное эмалевое покрытие. Офицеры приобретали знаки за свой счет.

Знаки всех частей, связанных с автомобилями имели в обязательном порядке изображение двух автомобильных колес с крылышками.

Среди них знак военно-автомобильной школы, учрежденный 11 марта 1916 г. Это серебряный венок из лавровых и дубовых листьев, на который в верхней части наложен серебряный государственный герб и ниже серебряные же скрещенные топоры, поверх которых золотая эмблема автомобильных частей инженерных войск.

Уже Временное правительство учредило 7 июля 1917 года знак Военно-автомобильного отдела военной комиссии. Знак представляет собой серебряный мальтийский крест, покрытый уже не белой, а красной эмалью, очевидно, символизирующей революционность этого ведомства. На крест наложены скрещенные мечи, двуглавый российский республиканский орел (без корон, скипетра и державы).

Внизу - эмблема автомобильных частей. На погонах войсковых частей Армии Его Императорского Величества (АЕИВ) указывался род этих частей. Были среди частей и так или иначе связанные с автомобильным делом. Это пулеметно-автомобильные взводы - так назывались подразделения броневых автомобилей. То есть взвод броневиков являлся самостоятельной воинской частью. Над эмблемой двух колес с крылышками был изображен пулемет.



Эмблема Южно-русского автоклуба в Харькове



Знак Автомобильных курсов Императорского Русского Технического общества



Знак Военно-автомобильная



Погоны автомобильных частей АЕИВ МиМ № 93



Знак автобронешколы



Первый знак СПб автомобильного клуба 1903



Знак Московского автомобильного общества



Эмблема Российского Автомобильного Общества



Эмблема "Балтийского автомобиль и аэроклуба"



Знак ИРАО

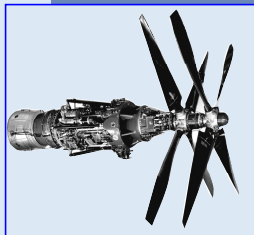


Знак шоферской автошколы при Семеновском гараже

НК-12NG КАК "ПАРОВОЗ" ДЛЯ ТРАНСПОРТА

(Из записок корабельного инженера-механика Семёнова)

Владимир Александрович Герасимов, СГАУ, кафедра КиПДЛА



Две идеи конвертации авиационных ГТД при социализме

В период "штормового развития и триумфального становления" отечественных авиационных газотурбинных двигателей (ГТД), отечественный парк их превысил 1/3 от мирового. При эксплуатации самолётов с ГТД обозначилась проблема наличия двигателей с выработанным ресурсом на взлётном и номинальном режимах, но с большим остатком ресурса на частичных нагрузках. Ответом на это стала конвертация (в плане процесса адаптации конструкции двигателя) для работы двигателя в наземных условиях. В основе конвертации - экономическое обоснование необходимости и возможности загрузки серийного производства с одновременным увеличением жизненного цикла изделия. Всё это подтверждено отечественной и мировой практикой.

По-видимому, наибольшие варианты конвертации получились у отечественного Д-30, созданного в 1963 г. и устанавливаемого на самолёте Ту-134. От турбореактивного двигателя (ТРД) Д-30, который состоит из так называемой "холодной части" - турбокомпрессора низкого давления (ТКНД) и "горячей части" - турбокомпрессора высокого давления (ТКВД), для целей конвертации был взят ТКВД. ТКВД, как самая нагруженная часть, является "ядром двигателя" и вместе с камерой сгорания (КС) образуют газогенератор (ГГ). Именно ГГ от Д-30 получил наземное применение в промышленных ГТД в мощностном диапазоне 4...10 МВт с к.п.д. двигателя на выходном валу от 25,6% до 34,2%. Более того, основу двигателей морского исполнения М70РУ (7 000 л.с.), М70ФРУ (14000 л.с.) составляет тот же ТКВД от Д-30, включающий 10-ти ступенчатый компрессор и 2-х ступенчатую турбину. Авиационная история ТКВД от Д-30 и соответствующей конвертации в промышленные ГТД, продолжилась в авиационных Д-30КУ/КП и новой ветки - ПС-90 (различных модификаций).

Условно можно считать, что в основе идеи конвертации Д-30 лежит "горячая часть" двигателя, задающая высокие параметры цикла.

Другая идея конвертации связана с турбовинтовым одновальным НК-12, созданным в 1954 г., устанавливаемым на самолёте Ту-95. Как и все первые турбореактивные двигатели, НК-12 вместо привычных сегодня "холодной части" и "горячей части" для двухроторных ТРД, имеет один турбокомпрессор (ТК), т.е. "два в одном" и силовой турбиной на одном валу. Куйбышевские конструкторы для целей конвертации разделили НК-12 на два модуля - газогенераторный блок и блок свободной силовой турбины, имеющей только газодинамическую связь с ГГ и получили первый серийный конвертированный ГТД авиационного типа - НК-12СТ. Дальнейшее развитие НК-12СТ шло как по линии совершенствования модуля ГГ - с поэтапным уменьшением расхода воздуха через ГГ и увеличением π_k и T_r , так и работой над модулем силовой турбины. Это семейство конвертированных авиационных ГТД обозначено как НК-14СТ с повышением к.п.д. с 27% до 34% в мощностном диапазоне от 6,3 до 10 МВт, с перспективой роста до 16...18 МВт

Обращает внимание, что к.п.д. 27-34% получен при суммарной степени сжатия 9,5...10,5, соответствующей степени сжатия после компрессора низкого давления (КНД) двигателя НК-93, входящего в состав "холодной части" двигателя.

Условно можно считать, что в основе идеи конвертации НК-12, как раз "холодная часть" двигателя, задающая высокую надёжность двигателя (в противовес выше приведённому примеру с Д-30).

Таким образом, два направления конвертации авиационных ГТД как "горячей части", так и "холодной части" дают практически

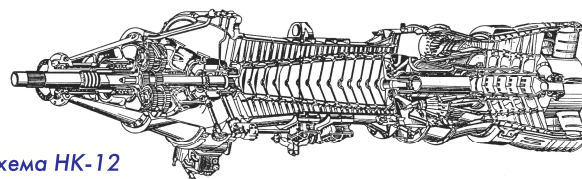


схема НК-12

одинаковый к.п.д. промышленных ГТД, где вопросы массы двигателя вне первостепенных интересов эксплуатантов.

"НК-12NG": из одновального в двухвальный

В отличие от ГГ двигателя Д-30, турбокомпрессор НК-12 приостановил свою авиационную историю, оставшись на земле в виде блока ГГ двигателя НК-12(14)СТ с 14-ти ступенчатым компрессором, спроектированным в 50-х годах.

Чтобы возобновить жизнь в небесах, располагая мировой "бочкой мёда", чем является в авиации сочетание редуктора НК-12 с биротативно вращающимися винтами (БВВ), необходимо разрешить проблему с массогабаритами ГГ, со временем ставшего "ложкой дёгтя" для авиаторов. Даже повышение к.п.д. НК-14СТ до 34% для наземного применения не оказывает влияние на возможность продолжения авиационной истории НК-12, несмотря на наличие отработанного серийного производства. Правда, без вала, производства, достигшего свыше 3500 ед. за всё время. Сложность проблемы не столько в проектном решении, авральном освоении нового производства и организации спроса, исключая кризис перепроизводства, сколько в качестве решения перечисленных проблем.

Проектное решение уместно построить на сравнении параметров воздуха за компрессором НК-12 (14) СТ и КНД двигателя НК93("холодной части") на основе:

- равенства расхода воздуха (52...55 кг/сек);
- совокупной степени сжатия в компрессоре 9,5...10,5;
- расположения входа в двигатель после биротативных (соосовращающихся) винтов и вентиляторов:
- степени повышения давления за БВВ (1,22...1,27).

Это показывает равнозначность компрессоров по производимой работе и мощности (но при разных частотах вращения). Если после КНД двигателя НК-93 установить камеру сгорания от НК-12(14)СТ и адаптировать силовую турбину привода КНД под параметры цикла ГГ НК-12(14)СТ, то получим конструктивный профиль нового ГГ из "холодной части" НК-93. По параметрам новый



Редуктор НК-12

ГГ аналогичен ГГ двигателя НК-12(14)СТ, имея всего 7 ступеней компрессора вместо 14.

Следующей благоприятной конструктивной особенностью трехвального двигателя НК-93 для проектного решения, является вал силовой турбины (СТ), проходящий внутри вала ТКНД. Вал рассчитан на номинальную мощность 25 тыс. л.с. при 8300 об/мин и располагает превосходным запасом для передачи 15 тыс. л.с., имеющей быть на исходном НК-12 при равных оборотах.

Таким образом, использование в полном объеме КНД двигателя НК-93 и конструктивного профиля ТКНД с валом СТ формируют проектный облик двухвального авиационного ГТД с сохранением редуктора НК-12. Выражение "на 1000 мм короче и на 1000 кг легче" наиболее ёмко передаёт новые возможности НК-12 с буквами "NG" (Next Generation).

В пользу проектного решения - два производственных фактора.

Первый фактор. Происходит исчерпание запасов НК-12 для конвертации в НК-12(14)СТ и необходимо полное изготовление нового ГГ блока для НК-14СТ, который может быть заменен на равнозначный от НК-12NG.

Второй фактор. Диверсификация производств авиадвигателя НК-93, рассчитанного на темп выпуска 57 экземпляров в год. Окончательный вывод можно сделать по итогам опытной эксплуатации, если часть экспериментальных НК-93 в количестве 10 единиц конвертировать до уровня НК-12NG на площадке СНТК им. Н.Д. Кузнецова.

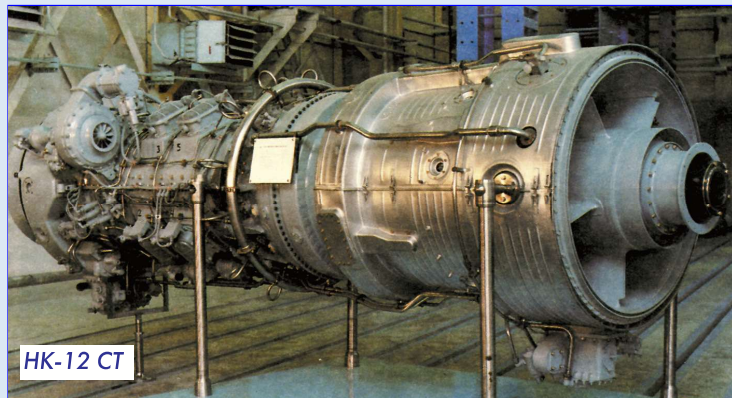
При разуконплектовании НК-93 и реконструкции до НК-12NG, высвобождается непосредственно ГГ НК-93 с ТКВД и КС, т.е. "горячая часть". При рассмотрении диапазона частот вращения ТКВД 14000...15000 об/мин находим его идентичным диапазону частот вращения ТК однороторного турбовинтового НК-4. Конструктивно вал ТКНД, проходящий внутри ТКВД, можно подвергнуть реконструкции в вал СТ с мощностью около 4,0-6,0 тыс. л.с. и выводу мощности вперед/назад. "Двухвальному прообразу" двигателя логично присвоить имя "НК-4NG". Главным условием сравнения выступает конструктивно-силовая схема ТКВД и ТКНД двигателя НК-93 с заводским превышением запаса прочности и надежности. Параметры λ_k , T_r , G_b надо оптимизировать, выстраивая опытно-конструкторскую работу, исходя из возможностей серийного производства и незамедлительной реализации НК-4NG.

Вопрос к редуктору НК-4NG: какая частота вращения на выходе важнее - 1000 об/мин для воздушных винтов серии АВ-68 или 1200 об/мин для винтов серии АВ-34/112/140. Последний вариант обеспечивает главная венцовая шестерня с внутренним зацеплением от редуктора НК-12. Производство НК-93 предусматривало создание 15 000 рабочих мест на моторостроительных заводах Куйбышева (ныне Самара), Казани и других городов Советского Союза. Трансформация производства проекта НК-93 в пользу проектов НК-12NG и НК-4NG на основе производственного задела по НК-93 размораживает большую часть рабочих мест.

Другими словами, производственный опыт конвертирования "холодной части" НК-12(14)СТ необходимо перенести на реконструкцию "холодной части" НК-93 в "горячую часть" и сформировать генерального заказчика на НК-12NG с редуктором НК-12.

При стартовом к.п.д. двигателя 34% и применении винтовентиляторов по типу СВ-27 с тягами 12-16 тонн, двигатель НК-12NG выходит на лидирующие позиции с удельным расходом топлива около 0,25 кг/кгс·час. Это главная задача НК-12NG - стать авиационным двигателем и вернуть утраченное.

Итак, что же должно быть главным проектом, который как "паровоз" вытащит народное хозяйство.



Автономный электровоз - газотурбоход

Авиация, под прикрытием программ создания авиадвигателей ПД-14 и ПД-35, встретит проект "НК-12NG" в традициях оппонирования и скепсиса, а необходим заказчик-союзник. В таком качестве для "НК" могут выступать РЖД, руководство которых в начале 2000-х озаботилось созданием к 2020 году парка локомотивов-газотурбовозов на сжиженном природном газе (СПГ) мощностью ГТД 8...10 МВт в количестве 40 ед. В основании решения - составляющие мировой опыт эксплуатация газотурбовозов начата в 1941 году с к.п.д. двигателя 7...9 % и отечественные эксперименты в 50-60 гг. с газотурбовозом конструкции Лебедянского.

Этот опыт показывает, что скорость движения поездов с газотурбовозом (ГТ) выше, чем под тепловозной тягой - при равной себестоимости, отнесенной к измерителю перевозочной работы. И это - несмотря на двухкратное увеличение расхода мазута вместо дизтоплива. Применение СПГ как самого дешевого топлива и рост к.п.д. ГТД с 15% у газотурбовоза Лебедянского до 30% газотурбовоза ГТ-1 с НК-361 должно обеспечить абсолютное превосходство газотурбовоза перед тепловозом.

Но опытная эксплуатация ГТ-1 с НК-361 показывает, что расход газа в 2300 кг/час на номинальном режиме приходится на 6700 кВт мощности тяговых электродвигателей при генерации двигателем 8300 кВт. Часть выработанной электроэнергии уходит на охлаждение выхлопных газов приводным вентилятором. Отрицательные нюансы: такие, как снижение к.п.д. ГТД на частичных нагрузках, компенсировано установкой тяговых аккумуляторных батарей (АБ) для маневровых работ, а цена ГТ-1 (200 млн. рублей в ценах 2012 г.), равная цене двух тепловозов с аналогичными параметрами, компенсируется логистическими преимуществами ГТ-1 к тепловозам как 1:5 с показателем выхлопа, соответствующим "Евро-5".

Америка, эксплуатирующая парк газотурбовозов трёх поколений (всего 65 ед.), для обозначенных отрицательных нюансов нашла свое решение. Газотурбовоз мощностью 5 МВт поставили в тандем с тепловозом, чем дополнительно обеспечили движение в тоннелях, где газотурбовоз может терять работоспособность.

Идея с тандемом пригодится. Много важнее очистка возду-

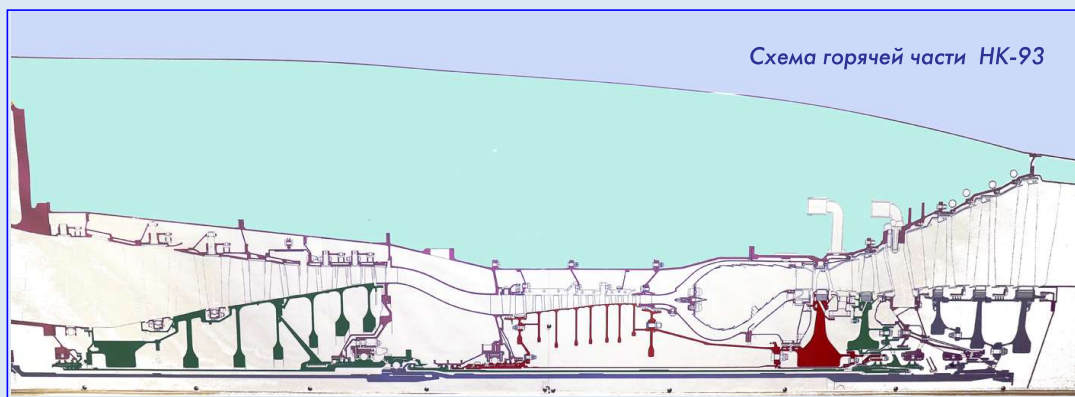
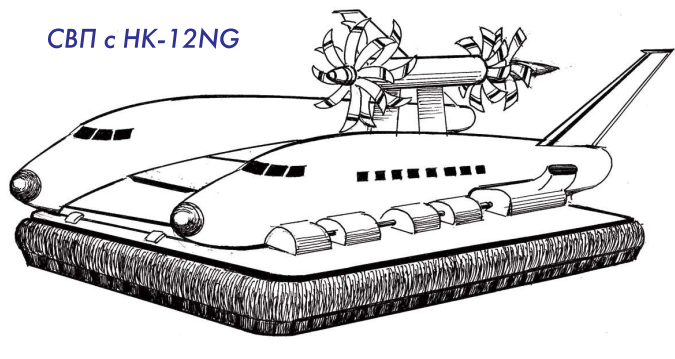


Схема горячей части НК-93

СВП с НК-12NG



ха для ГТД от торфяной пыли и сажи (термоопасны), мошки и мелкой пыли (налетоопасны), кварцевого шпата и растворов солей (коррозионно и эрозионно опасны) в тундровой зоне, где планируется интенсивная эксплуатация ГТ-1 для вывоза углеводородов. На сегодня планы с 40 ед. скорректированы до 20 ед. ГТ-1, а запуск Северного широтного хода, где востребуется 200 ед. газотурбовозов говорит о патовой ситуации.

Патовая ситуация может быть разрешена переносом ряда отработанных конструкций, как по вопросам очистки воздуха и охлаждения газов, так и по вопросам состава энергоустановки (ЭУ).

Вихревой сепаратор. Для длительной работы эффективны самоочищающиеся системы воздухоочистки для ГТД, установленные на амфибийных кораблях на воздушной подушке (АКВП). Воздух проходит 4 ступени очистки, включая и вихревой сепаратор. Вихревой сепаратор также установлен перед ГТД-1250 танка Т-80, что обеспечивает движение в условиях песчаной бури. Вся эта система очистки требует избыточного давления воздуха и энергетических затрат на дополнительный вентилятор около 10% от мощности ГТД.

Конструктивный профиль НК-12NG, благодаря двухвальной схеме, позволяет вывести вперед необходимую мощность. Редуктор НК-12 с БВВ обеспечат избыток давления воздуха перед вихревым сепаратором и избыток расхода воздуха для охлаждения выхлопных газов. Задний привод передает крутящий момент и мощность на генератор. В этой схеме потери на преобразование механической энергии в электрическую и затем в механическую для привода вентилятора охлаждения отсутствуют, как это есть в схеме ГТ-1. Затраты мощности на блок очистки воздуха и охлаждения газов регулируется положением БВВ с лопастями изменяемого шага.

Ориентировочно, при к.п.д. 34% и генерации мощности 7,4 МВт (6,7МВт на тяговые электродвигатели и 0,7МВт механической энергии на БВВ) расход газа составит около 1800 кг/час на номинальном режиме.

Состав энергоустановки. Начиная с флота и авиации, где кроме главной ЭУ есть и вспомогательная, компоновочная идея прижилась на танках в виде автономной газотурбоэлектростанции (ГТЭ). Для маневровых работ необходимо установить единый агрегатированный блок ГТЭ на базе ГТД-1250, адаптированного к СПГ. При расходе воздуха 4,0-4,5 кг/сек у ГТД-1250 вместо 52-55 кг/сек у главного двигателя снимается проблема ограничения времени маневровых работ и движения в тоннелях. При этом, расход топлива около 250 кг/час на номинальном режиме и не более 30 кг/час на стояночном малом газу. Опытный маневровый локомотив с ГТД-1250 на СПГ готовится к презентации.

Чрезвычайные ситуации и тандем. Максимальной много топливностью среди тяговой техники на железной дороге обладают паровозы, которые могут работать на угле, мазуте и прочем и использовать любые горючие газы. За это качество паровозы хранят для чрезвычайных ситуаций, когда провозные возможности парка электровозов обнуляются из-за повреждения контактной сети.

По заданию, газотурбовоз должен быть равноценен по тяге и скорости перспективным электровозам, а по экономичности и

надёжности не уступать тепловозу, с расчетом замещения выходящего мобилизационного ресурса паровозной тяги. Что важно, равенство мощности в 8-10 МВт недостаточно, т.к. для создания тяги страгивания, равной 1/3 от полной массы локомотива, масса газотурбовоза должна быть равной массе электровоза и составлять 250...300 тонн.

Американский опыт эксплуатации около 20 тандемов (тепловоз+газотурбовоз) незаметно переключался на территорию РЖД, в виде автономной дизель-электростанции (ДЭ) для пассажирского поезда "Стриж" и электровозов внутривозовских работ, не оборудованных контактной сетью. Если базовый магистральный электровоз "ВЛ-10" получает энергоснабжение от бустерной ГТЭ на базе НК-12NG, то парк электровозов будет работоспособен без контактной сети в любых условиях.

Учитывая возможность проводки литерных составов до 2500 км, а в тендерном (запасная цистерна с СПГ) исполнении до 5000 км, проходить станции стыкования электрической и тепловозной тяги безостановочно, без влияния на движение обледенения и обмерзания токопроводов, то применение автономного электровоза в тандеме с ГТЭ НК-12NG приобретает стратегическое значение для страны. Если треть парка электровозов укомплектовать с ГТЭ НК-12NG, то оценочный спрос свыше 1000 единиц и возможностью применения на новых скоростных магистралях, обеспечивает удешевление, ускорение строительства и окупаемость дорог.

Как сопутствующий эффект по подобию с ГТЭ НК-12NG, надо рассмотреть изготовление ГТЭ с НК-4NG мощностью 5МВт на СПГ для работы в тандеме с пассажирскими электровозами равной мощности. Для сравнения, второе пришествие ГТД на железной дороге в США пришло в виде скоростных пассажирских поездов - турболайнеров.

Таким образом, тандем электровоза с ГТЭ НК-12NG, где наличие редуктора НК-12 с БВВ обеспечивает эксплуатацию в условиях РЖД без ограничений в ответ на патовую ситуацию и диверсификацию производств авиадвигателя НК-93.

Маркетинг и конструкция: что первично? Физика

На прошедшей в 2016 году международной научно-технической конференции "Проблемы и перспективы развития двигателестроения" (Самара) были приведены соотношения затрат на этапе НИОКР в России и США.

Затраты по странам

Затраты	Фундаментальные	Прикладные	ОКР
РФ	1	10	100
США	2	3	1

Как видно, США первостепенное значение уделяют достижимости результатов ОКР на практике и после гарантированной реализации вкладывают средства в расширение применения, т.е. в маркетинг или диверсификацию. Наше отставание, связанное со степенью сжатия (π_c) и температурой газов (T_c), выраженное в ускорении рабочего тела (a), компенсируется повышенным расходом воздуха, т.е. массой воздуха (m) - одной из составляющих тяги в формуле $F=ma$.

При конвертации авиадвигателей, независимо от первоначальных массогабаритов, к.п.д. в наземных условиях уравниваются, а массогабариты конвертированных двигателей - вне интересов эксплуатанта.

Вариант НК-12NG позволяет соединить школу проектирования и конструирования Н.Д. Кузнецова, имеющую немецкие корни, с американским прагматизмом и, потеснив конкурентов на земном транспорте, заняться научными исследованиями. **П**

Связь с автором: g_vva714@mail.ru



ТАНКИ ОТ И ДО

Олег Никитич Брилёв,

д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ,
начальник кафедры танков ВАБТВ (1975-1987 гг.)



(Продолжение. Начало в 6 - 2014, 1-6 - 2015, 1-6 - 2016, 1-6 - 2017, 1-6 - 2018)

Оккупировав Францию в мае-июне 1940 г., немцы привлекли ряд заводов к производству техники для своей армии. Да и от французской армии им достались трофеи, в том числе и тяжелые танки В1 в количестве 161 шт. Они так и остались на территории Франции, поэтому, когда страну освободили, 40 оставшихся исправных танков вновь повернули пушки в сторону Германии и в январе-апреле 1945 г. эти танки участвовали в боях в районе Руайана. Речь именно об этом танке пошла неспроста, а потому, что именно с этого танка началось послевоенное возрождение танковой промышленности Франции.

Можно даже сказать, что оно началось в 1938 г., когда французские конструкторы приступили к разработке переходного танка ARL-44, продолжили работу над этим проектом в годы оккупации и подготовили его к серийному производству уже в 1946 г. Ударный труд и накопленный опыт при создании танка ARL-44 придали танкостроителям Франции уверенность в своих силах, что и было реализовано при разработке танков с, например, "качающимися башнями". Именно эти танки были взяты за основу при создании американскими конструкторами танков Т57 и Т58 ("Двигатель" №5 - 2018).

Французские предприятия, участвующие в разработке и производстве танков, после оккупации страны оказались в разных зонах. Так, предприятие *Forges et Chantiers de la Méditerranée (FCM)*, располагавшееся в пригороде Тулона, вплоть до октября 1942 г. находилось вне зоны немецкой оккупации. А в зоне оккупации находилось предприятие *Ateliers de construction de Rueil (ARL)*, находящееся всего в 14 километрах к западу от центра Парижа.

Перед войной оба предприятия работали над реализацией программы *Char B*, разработали и изготовили прототипы *B1 ter*, приступили к созданию танка *B40*.

В годы оккупации работы на *FCM* и *ARL* не прекращались. Инженеры компании *FCM* предложили модернизировать кавалерийский танк *Somua S-35* путём установки двух- или трёхместной башни, оснащённой более мощной 47-мм пушкой.

А в конструкторском бюро компании *ARL* предложили осуществить ещё более глубокую модернизацию танка *Somua S-35*. Во-первых, была изменена конструкция корпуса: носовая часть получила более рациональные углы наклона, подбашенный погон был увеличен до 1500 мм (посадочный диаметр - 1580 мм). Изменение погона было связано с установкой трёхместной башни, вооружённой 75-мм пушкой с длиной ствола 53,3 калибра. За основу пушки было взято 75-мм зенитное орудие *Schneider*. Модернизированный таким образом танк *Somua S-35* получил обозначение *SARL 42 (Somua-ARL 42)*.

Группа инженеров *ARL* работала и над 30-тонным танком, представлявшим собой развитие танка *Char B*. Но после того, как осенью 1942 г. немцы оккупировали остальную территорию Франции, работы и по *SARL 42*, и по модернизации *Char B* прекратились.

И уже только после освобождения Парижа и большей части Франции в августе-октябре 1944 г. специалисты освобождённых предприятий вновь приступили к разработке новых образцов бронетанковой техники. И, как всегда, тон в разработках задавали военные - они же заказчики.

9 октября 1944 г. начальник штаба французской армии генерал-лейтенант *Лейер* подписал приказ о начале работ по разработке и изготовлению новых образцов бронетанковой техники. Первым пунктом в нём значился заказ на 150 броневедомителей *Ranhard 178*, но вооружённых не устаревшей 25-мм пушкой, а 47-мм пушкой *SA 35* и пулемётом (*Ranhard 178B*).

Во втором пункте приказа говорилось о танке боевой массой 35 тонн, вооружённом 75-мм пушкой, оснащённом 500-сильным мотором производства фирмы *Talbot* и имеющем бронирование на уровне американского среднего танка *M4*. В развитие этого приказа 29 ноября начальник штаба подтвердил ТТХ нового танка и потребовал, как только можно, ускорить его создание - не строя прототип и не испытывая его на полигоне. Серийные образцы должны были строиться по чертежам. Первую машину ожидали на выходе из заводских ворот уже в мае 1945 г., ежемесячный выпуск 50 - 70 танков, а всего их было заказано 500.

Такие быстрые сроки запуска в серию появились неспроста. Дело в том, что новая машина представляла собой не что иное, как дальнейшее развитие проекта *Char B*. Количество пушек в танке сократили до одной, а лобовой лист корпуса получил

большой угол наклона. Ходовая часть в целом осталась похожей на ходовую часть *Char B*.

В качестве вооружения первоначально предполагалось использовать пушку 75 mm SA Mle.1944, которая на дистанции в километр хотя и пробивала броню толщиной 80 мм, но



Char B

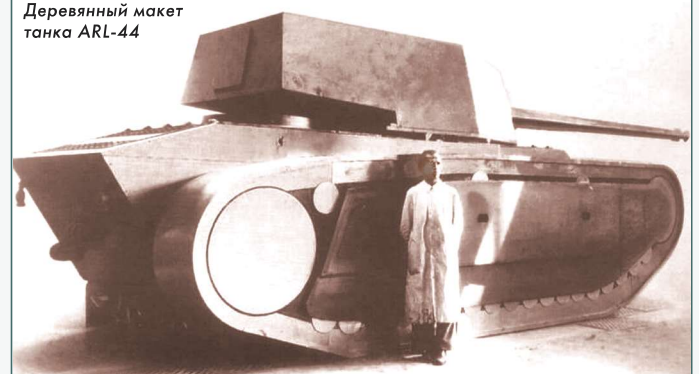
против "Пантер" и "Тигров" была бессильна. Конструкторы *ARL* в декабре 1944 г. предложили использовать 90-мм танковую пушку, созданную на базе зенитного орудия *CA Mle 39 S*, которая пробивала на дистанции в километр броню толщиной 90 мм. В конце 1944 г. было принято решение об установке на 300 из 500 танков этой пушки. Такое постоянное изменение облика привело к сдвигу срока запуска в серию - теперь первые 50 танков ожидалось только к 23 июня 1945 года.

Оставалось решить - на каких предприятиях выпускать новый танк. И вот, 28 января 1945 г. было принято решение о производстве этого танка на двух заводах - *Renault* и *FAMH* (200 танков должна была выпустить *Renault*, 300 - *FAMH*). Тогда же новому танку было дано обозначение *ARL 44* и вновь уточнялись сроки, которые, как представлялось, стали более реальными: первые машины должны были быть собраны в сентябре 1945 года (*Renault* выпускала 5 машин, *FAMH* - 7). О дальнейших планах выпуска *ARL 44* говорить не будем по той простой причине, что инженеры компании *Schneider*, на которую возложили разработку и изготовление орудий для нового танка, занялись разработкой более мощного орудия, чем танковая версия 90-мм зенитной пушки. Орудие, получившее позже индекс 90 mm SA Mle.1945S, или 90 mm SA 45, делалось с очевидной оглядкой на немецкую 88-мм пушку *KwK 43 L/71*. Длина ствола составляла 65 калибров, благодаря чему начальная скорость снаряда *SA 45* увеличилась до 1000 м/с, что обеспечивало более высокую бронепробиваемость.

С новой пушкой *ARL 44* мог бы стать по-настоящему опасным противником для немецких танков. Но, как это ни странно, но и версия с 75-мм пушкой *SA 44* нигде не делась. Это орудие, установленное в башне *ACL 1* (разработала башню компания *Ateliers de Chantiers de la Loire*), предполагалось устанавливать на первые серийные танки.

Появление новых идей и требований приводило к тому, что конструкторы вынуждены были вносить изменения в чертежи. Так, например, в феврале 1945 года французские военные потребовали удвоить бронирование лобовой части с 60 мм до 120 мм. Кроме того, установка 90-мм пушки *SA 45* потребовала совсем другой башни, которой занялась фирма *Schneider*. Танк предстояло снова перепроектировать, поскольку предполагавшиеся силовые установки уже не обеспечивали необходимых динамических характеристик. А тут и война в Европе закончилась. Теперь у французской армии уже не было ни срочной необходимости в новых танках, ни в их числе (500 штук), поэтому военные 23 мая 1945 г. снизили общий размер заказа до 150 машин. И только 20 июня 1945 года компания *Renault*, наконец, продемонстрировала полноразмерный деревянный макет *ARL 44*.

Деревянный макет танка ARL-44



В макете "броню" лба изготовили толщиной 60 мм, но пообещали, что в серии толщину доведут до 120 мм. В макете башни конструкции фирмы *Schneider* был установлен макет 90-мм пушки *SA 45*.

Поскольку расчёты показывали, что боевая масса танка достигнет 48 т, то вместо французского мотора было решено поставить немецкий двигатель *Maybach 230 TRM*, мощностью 600 л.с. Ещё один небольшой мощности

бензиновый двигатель Simca предполагалось установить на танк для обеспечения вращения башни.

Первый прототип ARL 44 с 75-мм пушкой SA 44



Первый образец ARL 44 был готов только к марту 1946 года, причём с башней ACL 1 с 75-мм пушкой SA 44. Начались испытания машины, которые выявили массу недостатков. Их устранение и повторные испытания продолжались до конца 1940-х годов, что, тем не менее, не помогло решить все проблемы.

Впрочем, исходная идея выпустить первую серию из танков, оснащённых подобными пушками и башнями, к весне 1946 года испарилась. Было очевидно, что орудие калибра 75 мм на танке таких размеров и массы смотрится несерьёзно. Акцент окончательного сместился в сторону 90-мм пушки и башни разработки компании Schneider.

ARL 44 с 90-мм пушкой на испытаниях



Подготовка к серийному производству ARL 44 началась в апреле 1946 года. Как и предполагалось, производство нового танка распределили между собой Renault и FAMH. Первый серийный ARL 44 был изготовлен в июне 1947 года, спустя 2 года после изначально определённой даты выпуска. На тот момент объёмы выпуска танка ещё больше урезали: вместо 150 машин заказали 60, из них 20 должна была изготовить компания Renault, а 40 - FAMH. Впрочем, как следует из документов, итоговая пропорция оказалась совсем иной: Renault выпустила 24 танка, а FAMH - 36.

Что касается конструктивных особенностей, то их на танке не было. Бронирование было достаточно современным на тот период времени - то есть, лобовая броня имела большой наклон, не имела люков, и также броневой лист закрывал всю ходовую часть, что было характерно для французских танков 30-х годов. Часть броневых плит были катанными и устанавливались с большими углами наклона, меньшая часть изготавливалась из литой брони, в частности - маска пушки. Толщина нижней и верхней передних броневых плит составляла 75 и 120 мм, соответственно. На бортах корпуса - 50 мм.

На башне спереди - 110 мм. На бортах башни - 60 мм.

Экипаж насчитывал 5 человек: командир, наводчик, механик-водитель, заряжающий и радист.

Основное вооружение состояло из пушки калибра 90-мм с дульным тормозом. Боекомплект состоял из 50 снарядов. Скорость бронейного снаряда равнялась 1000 м/с. Пулеметное вооружение состояло из двух 7,5-мм пулеметов mod 31 и 5000 патронов к ним.

В качестве двигателя был взят 12-цилиндровый карбюраторный германский Maybach HL 230 мощностью 575 л.с. Для танка массой 48 т этой мощности было недостаточно. Поэтому скорость по шоссе составляла всего 25 км/ч. При установке на танк двигателя Maybach HL 230 P45 мощностью 760 л.с. скорость достигала 35 км/ч. Запаса топлива хватало на 150 км.

Как бы то ни было, но в войска танки ARL 44 вообще попали лишь спустя несколько лет после изготовления первой серийной машины. Первой частью, на вооружение которой они поступили, стал 303 танковый полк, прошедший на 10 новых машинах 14 июля 1951 года парадным строем в Париже. К тому моменту машину успели перекалificarовать из танков в истребители танков. Эксплуатация ARL 44 сопровождалась многочисленными поломками. Отмечались множественные случаи разрыва ремней привода вентиляторов и поломки коробки передач. Ну, а стрелять из танковой пушки было вообще запрещено! В конце концов, годом спустя, машины решили временно отстранить от службы. Потом подсчитали стоимость всех его усовершенствований и... решили, что проще от него отказаться, что и было сделано в следующем, 1952 году.



Танки ARL-44 на параде в Париже 14-07-1951

Пока разворачивалась разработка и подготовка к производству тяжёлого танка, началась работа над легким разведывательным танком, крайне необходимого для сухопутных войск. Причём машина должна была соответствовать требованиям, предъявляемым к авиадесантным средствам. Французские конструкторы компании AMX подошли к решению вопроса нестандартно и сконструировали 12-тонную машину с уникальной на тот момент качающейся башней и механизмом заряжания с барабаном револьверного типа. Идею качающейся башни они подсмотрели у немецкой ЗСУ "Кугельблиц". В башне была установлена пушка 75 мм SA50. Качающаяся часть башни обеспечивала движение пушки в пределах от -6 до +12 градусов. В барабане автомата заряжания находились 4 снаряда, что обеспечивало скорострельность порядка 8-9 выстрелов в минуту.

Боекомплект составлял 36 выстрелов. Ограниченное количество снарядов в барабане было самым большим недостатком этого автомата заряжания: после отстрела четвёртого снаряда танк необходимо было заводить в укрытие и кому-то из экипажа вручную снарядать барабан снарядами. Лобовая броня корпуса танка имела толщину 50 мм, а башни - 30 мм. Толщина боковой брони корпуса и башни была одинаковой и составляла 20 мм. Машина получилась достаточно лёгкой, но при этом и не сильно защищенной. Вся надежда возлагалась на высокую подвижность.

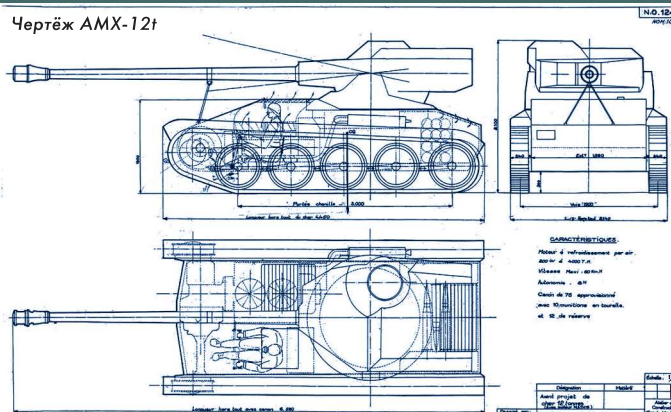
Карбюраторный двигатель AMX В 271 мощностью 250 л.с. обеспечивал лёгкому танку скорость по шоссе до 65 км/ч. Благодаря наличию автомата заряжания экипаж танка состоял из трёх человек: командира, находящегося в башне справа от пушки, наводчика по другую сторону от пушки и водителя, находящегося в отделении управления (слева от двигателя).

Танк получил название AMX-12t и был отправлен на полигон. Там сразу же

Башня ЗСУ "Кугельблиц"



Чертёж AMX-12t



Танк AMX-12t на полигоне

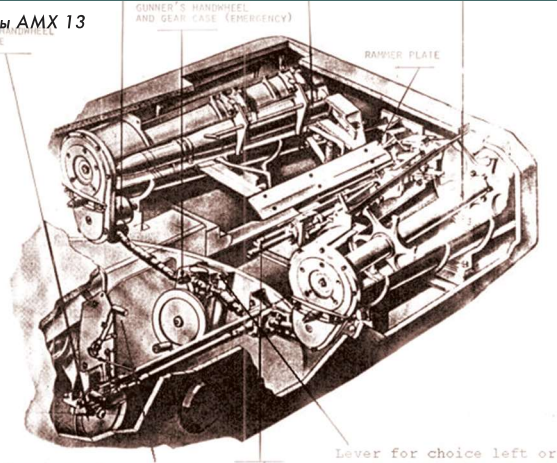
было обнаружено несовершенство ходовой части, в которой опорный задний каток являлся одновременно и ленивцем, что приводило к появлению проблем с натяжением гусениц. Танк на вооружение принят не был, но стал прототипом для целой линейки французских танков. Мало того, этот танк попал на Абердинский полигон и там прошел испытания, результаты которых сподвигли американских конструкторов на создание своих собственных танков с качающейся башней - T57 и T58.

А французы начали новую попытку создания легкого авротранспортабельного танка, масса которого была ограничена 13 тоннами (отсюда и название AMX-13). Компоновка танка была как и у AMX-12 и, соответственно, отличалась от классической: силовое отделение расположено в передней части корпуса справа, слева от него отделение управления, а боевое отделение в корме. Лобовая деталь корпуса выполнена с большими углами наклона. Составная качающаяся башня FL-10 состояла из нижней вращающейся части и верхней, соединенной с нижней посредством цапф. Первоначально к установке планировалась 75-мм пушка SA49 (SA50 L/57) (начальная скорость броневой снаряда 1000 м/с), которая жестко закреплялась в верхней части башни и была вынесена из нее вперед - в башне оставлен только казённый. Противооткатные приспособления концентрического типа помещены в "хоботе" лобовой части башни. Башня получилась небольшой по размерам, а ее погон имел малый диаметр, что, в свою очередь, позволило уменьшить ширину корпуса танка.

Такая башня конструировалась специально для того, чтобы ввести механизированное (автоматическое) заряжание пушки. По обе стороны ниши башни за казенником пушки размещены два магазина барабанного типа по 6 снарядов в каждом. Сила отката ствола пушки вращала магазин. В определенном положении барабана из него в лоток скатывался очередной снаряд. Оси лотка и канала ствола пушки совпадали, что позволяло автоматически досылать снаряд в ствол. Затем затвор закрывался и производился выстрел.

Затем затвор закрывался и производился выстрел.

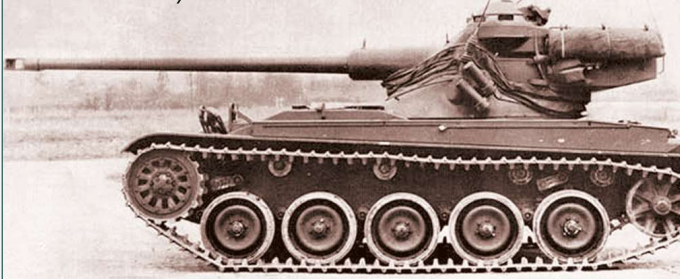
Барабаны AMX 13



Такой автомат заряжания обеспечивал скорострельность порядка 10-12 выстрелов в минуту. Отстреляв все 12 снарядов танк должен был уйти в укрытие для новой зарядки магазинов, которые снаряжались через люки в крыше башни. Угол возвышения пушки не превышал 13° из-за упора кормовой ниши башни в крышу корпуса танка.

Нижняя часть башни выполнена литой, а верхняя качающаяся часть сварно-литой. Был также разработан вариант, в котором обе части изготавливаются сварными. Масса башни без боеприпасов составляла 4500 кг при толщине лба 40 мм. Люк командира на левой части крыши башни имеет куполообразную крышку, откидывающуюся назад. В основании люка размещено 7 призматических приборов, обеспечивающих круговой обзор. Всего было выпущено немногим более 2000 башен с 75-мм пушкой.

AMX-13 с 75-мм пушкой



Затем в качестве основного вооружения AMX-13 стала 90-мм нарезная пушка CN90 F3 с дульным тормозом и теплоизоляционным кожухом. Боезапас пушки составлял 34 выстрела, из них 21 выстрел размещался в башне (12 выстрелов в магазинах автомата заряжания), а остальное в корпусе. Для стрельбы могли применяться пять типов боеприпасов: оперенный броневой подкалиберный (APR303), с готовыми убийными элементами, фугасный (HE), кумулятивный (HEAT) и дымовой.

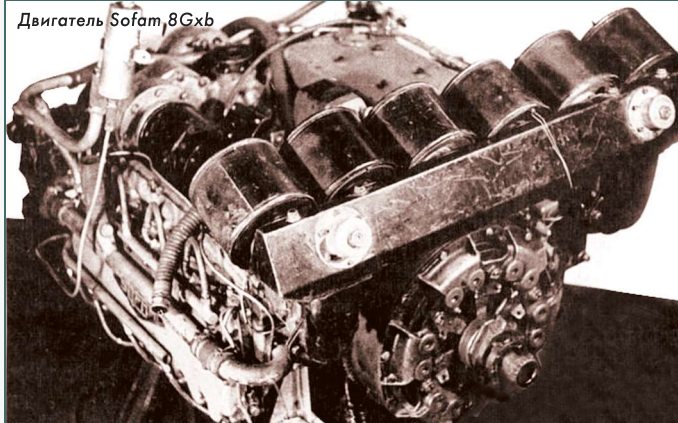
Для спаренного с пушкой 7,5- или 7,62-мм пулемета и зенитного пулемета того же калибра имеется 3600 патронов (в лентах по 200 штук в каждой). Приводы наведения гидравлические с ручным дублированием для аварийных ситуаций. Максимальные скорости переброса ствола пушки по горизонтали

AMX-13-90



составляют 30°, по вертикали - 5° в секунду. Углы возвышения: +12,5°; снижения -5°. Управлять пушкой и спаренным пулеметом мог и наводчик (располагается в правой части башни), и командир (в левой). Стреляные гильзы выбрасываются через специальный люк в корме башни. Горизонтально-оппозитный 8-цилиндровый карбюраторный двигатель жидкостного охлаждения Sofam 8Gxb мощностью 250 л.с. находился в передней части корпуса справа.

Двигатель Sofam 8Gxb



Двигатель обеспечивал максимальную скорость танка массой 15 т до 60...65 км/ч, а 480 литров бензина, которые находились в топливных баках, хватало на 350...400 км.

Силовая передача устанавливалась поперек танка и состояла из механической коробки передач (с 5-ю передачами переднего и одной передачей заднего хода) и двойного дифференциала, обеспечивающего поворот. Подвеска индивидуальная торсионная, на первых и последних узлах подвески используется гидравлика. Ходовая часть содержит по 5 однооскатных обрезиненных опорных и по три (в некоторых случаях по два) поддерживающих катка на каждом борту.

Заказ на разработку лёгкого танка был выдан в 1946 г., тогда же начались конструкторские работы на государственном предприятии в Исси-ле-Мулино. В 1949 г. был изготовлен опытный образец, а в 1951 году началось его серийное производство в городе Руане на предприятии Atelier de Construction Roanne (объединение APE).

Темпы производства иногда достигали до 45 машин в месяц. Попав в строевые части, танк проходил войсковые испытания и, естественно, участвовал в учениях, где его транспортировали по воздуху.

Выгрузка AMX-13 из самолёта



В процессе выпуска и эксплуатации танк AMX-13 неоднократно модернизировали, в основном, в части вооружения. Например, в конце 1950-х разработчиками предлагался вариант танка с шестью пусковыми контейнерами ПТУР "Хот", но армией эта машина принята не была. Не удалось этот вариант танка поставить и на экспорт. Несколькоми годами позже была предпринята попытка установить вместо шести пусковых установок восемь, но и этот вариант постигла та же участь. Гораздо удачнее пошли дела с установкой на лобовой детали башни четырёх ПТУР SS-11. Этот противотанковый комплекс был принят на вооружение. Ракета SS-11 массой 30 кг управлялась по проводам и имела боевую часть, способную пробить 600-мм броню на дистанциях от 350 до 3000 м.



AMX-13-75 с шестью пусковыми установками ракеты HOT



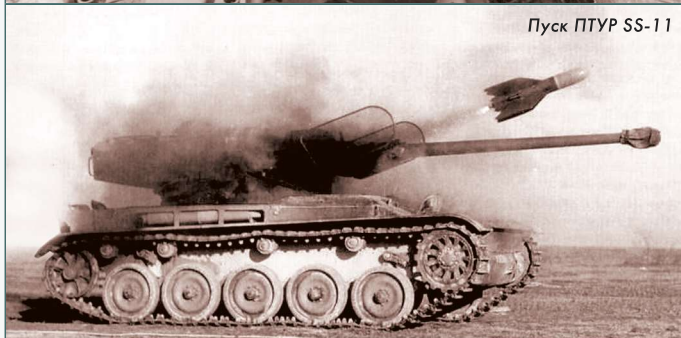
Танк М4А1 с башней FL-10 от AMX-13



Установка ПТУР SS-11 на AMX-13 SS-11



М24 с башней FL10



Пуск ПТУР SS-11

Но для решения другой задачи - стрельбы осколочно-фугасным снарядом очень даже удачным получился гибрид наоборот - на корпус AMX-13 установили башню от М24 "Чаффи". В результате появился легкий танк, способный достаточно эффективно бороться с пехотой. Было изготовлено более сотни таких гибридов под названием AMX-13 Chaffee.

Помимо замены 75-мм пушки на 90-мм (в 1966 году) в 70-х годах на AMX-13 появилась модифицированная башня FL-12 со 105-мм пушкой и лазерным дальномером (кумулятивный снаряд к этой пушке имел начальную скорость порядка 800 м/с и пробивал 400-мм броню). Эта модификация была специально разработана для продажи в другие страны.



AMX-13 с башней от Chaffee



AMX-13 с башней FL-12 и 105-мм пушкой

В 1950-х годах для использования в Северной Африке был разработан танк AMX-13 с башней FL-11, где устанавливалось укороченное 75-мм орудие с ручным заряжанием. Из-за отсутствия автомата заряжания в башне отсутствовала и кормовая ниша.

Башня FL-10 и ее модификации устанавливались и на другие машины. Так, например, в середине 50-х военные из Египта заказали у Франции партию танков-гибридов, у которых на корпус танка М4 "Шерман" устанавливалась башня FL-10 от AMX-13. В ходе войны между Египтом и Израилем некоторая часть танков М4/FL10 стала трофеями израильтян. Существовала ещё одна попытка скрестить американский танк и французскую качающуюся башню. После войны у Французов оказалось много танков М24 "Чаффи", но их 75-мм орудия не справлялись с противотанковыми обязанностями. Потому французы решили смастерить гибрид - поставить на корпус "Чаффи" башню от AMX-13. Однако эта модификация широкого распространения не получила.



Танк AMX-13 с башней FL-11

Аналогичная башня с 75-мм пушкой ручного заряжания устанавливалась также на броневомобиль "Панхард".

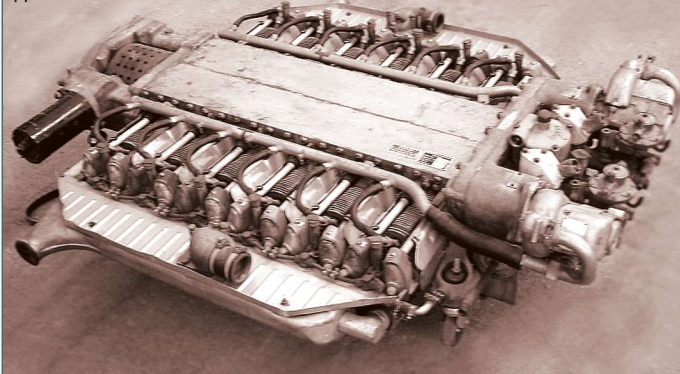


Panhard EBR с башней FL-11

Этот броневомобиль достаточно интересен, поэтому ненадолго остановимся на нём, хотя достоин отдельной статьи. Работы над этим колесным броневомобилем с пушечным вооружением начались во Франции в сентябре 1949 г. За основу был взят броневомобиль Panhard 201, но конструкторы сделали новый броневомобиль длиннее и шире, а переднюю и заднюю части корпуса полностью идентичными. Лобовые бронелисты сварного корпуса располагались под двойным углом, образуя трехкатную форму, такая конструкция была известна как "щучий нос". Спереди и сзади в клиновидных частях корпуса находились места механиков-водителей, которых в экипаже вместе с командиром и заряжающим было два. Броневомобиль мог легко двигаться вперед и назад и, не разворачиваясь, выходить из-под обстрела. Двигатель броневомобиля находился в центре корпуса и располагался непосредственно под башней. Так как не каждый двигатель можно было разместить в столь ограниченном по размерам пространстве, специально для броневомобиля Panhard EBR конструкторы спроектировали шестилитровый 12-цилиндровый горизонтальнооппозитный двигатель Panhard 12H 6000S (высота блока составляла всего 228 мм).

Данный бензиновый двигатель развивал максимальную мощность 200 л.с. при 3700 об/мин. Этой мощности было достаточно, чтобы максимальная скорость броневомобиля массой 9 тонн по шоссе достигала 105 км/ч, а бензина хватало на 630 км.

Двигатель Panhard 12H 6000S



На броневомобиль Panhard EBR ставилось два варианта качающихся башен. Как уже отмечалось - башня FL-11 с 75-мм орудием SA 49, и тогда машина носила название Panhard EBR 75 FL 11. Таких броневомобилей было выпущено 836. Но была и другая модель - с башней FL-10 с 75-мм орудием SA 50 (Panhard EBR 75 FL 10) и автоматом заряжания. Таких броневомобилей было выпущено 279.



Panhard EBR 75 с башней FL-10

Но вернёмся к танку AMX-13, а точнее к разрабатываемым к нему и его модификациям башням. Так, в середине 1960-х гг. компанией Fives-Cail Babcock была разработана ещё одна модификация башни - FL-12.

В эту башню устанавливалась пушка CN-105F1 (или просто F1) калибра 105 мм. На пушке устанавливался новый дульный тормоз и менялись детали автомата заряжания. Из-за установки более крупной пушки, были усилены ходовая часть и корпус танка AMX-13. Танк с этой башней разрабатывался для экспортных поставок. В пушке использовались специальные 105-мм выстрелы, не взаимозаменяемые со стандартными боеприпасами НАТО. Поэтому в дальнейшем предлагались варианты модификации орудия в стандарт G1 (GIAT 105G1-L/44), позволяющий использовать стандартные боеприпасы НАТО.

Партию танков AMX-13/105, с пушкой GIAT 105G1-L/44, установленную в качающейся башне FL-12 закупила Аргентина. Они находились в вооружении вплоть до 2012 г., когда списали последние 26 танков.

Аргентинский AMX-13 с пушкой GIAT 105G1-L/44 в башне FL-12



Для 105-мм пушки были разработаны специальные боеприпасы с уменьшенным пороховым зарядом. Башня под такую пушку с такими снарядами устанавливалась на австрийском легком танке (истребителе танков) SK-105, чуть позднее на колесную (8x8) бронированную машину "Шарк" компании MOWAG и на опытный образец БМП "Мардер".

БМП Marder



Помимо AMX-13 эта башня нашла применение на австрийском легком танке, где в качестве базы было взято переделанное шасси бронетранспортера Sauger 4K 4FA. Танк получил название SK-105 "Кирасир".

SK-105 "Кирасир"



AMX-13 является одним из самых распространенных танков в армии Южной Америки. Это обусловлено двумя факторами: дешевизна и возможность модернизаций. Ни для кого не секрет, что легче модернизировать старое, чем покупать или строить новое. Так, в Эквадоре французские танки получили новый двигатель и систему управления огнем, а венесуэльский парк танков получил новую пушку. Отдельно надо отметить AMX-13, поставленные в

Перу. Эти танки получили модернизированную украинскую систему управления огнём, четыре пусковые установки советских ПТРК "Малютка" и новый двигатель, с которым танк достигает скорости в 65 км/ч.

Перуанский AMX-13 с советским ПТРК "Малютка"



На экспортных танках AMX-13 компанией "Коккериль" был предложен вариант использования на этих танках 90-мм пушки МК FLA3 вместо 75-мм или 105-мм пушек. Пушка оснащалась дульным тормозом и эжектором, а также была полностью совместима с существующей системой автоматического заряжания оружия.

AMX-13 с 90-мм пушкой МК FLA3 "Коккериль"



Были и другие варианты модернизации танка AMX-13, которые предлагались вплоть до 80-х годов. Так, например, в 1987 г. компания "Крезо-Луар" предложила свой вариант модернизации: 105-мм пушка с усовершенствованной системой управления огнем, улучшенная броневая защита (изменена конструкция носовой части корпуса), дизельный двигатель, обеспечивающий увеличение запаса хода до 550...600 км (предлагалось использовать либо американской дизель Detroit Diesel Model 6V-53T, либо французский (фирмы "Бодуэн") 6F 11 SRY, оба мощностью 280 л.с.) при сохранении максимальной скорости по шоссе порядка 65 км/ч, автоматическая трансмиссия, гидropневматическая подвеска.

Компания "Крезо-Луар" заявляла, что до уровня модели 1987 года могут быть доведены все ранее выпущенные машины.

Серийное производство танка AMX-13 прекратилось в 1964 году после выпуска 7700 машин, из которых 3400 было экспортировано. Во Франции танк снят с вооружения в середине 1970-х годов. Но в ходе производства и после окончания серийного выпуска его база использовалась для создания многочисленного семейства различных боевых и вспомогательных машин: самоходных 105-мм и 155-мм гаубиц, 120-мм минометов, самоходной спаренной 30-мм зенитной установки, бронетранспортера, мостоукладчика и т.д. и т.п.



Мостоукладчик AMX-13 AVLB

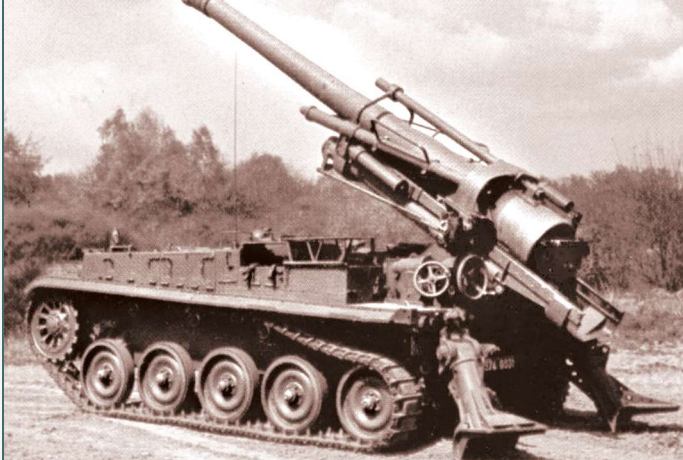
Первой самоходной машиной на базе AMX-13 стала 105-мм гаубица "AMX 105 AM" или M-51. Опытный образец создан в 50 году, а в 1952 г. первые серийные САУ поступили на вооружение. САУ имела неподвижную, смещенную на корму, открытую рубку. В рубке установили 105-мм пушку Mk61 образца 1950 года выпуска. На орудии имелся двухкамерный дульный тормоз. Ствол выпускали разной длины: 23-х и 30-и калибров. В рубке устанавливался зенитный 7,62-мм пулемет. Некоторые САУ "AMX 105 AM" вооружали дополнительно 7,5-мм пулеметом, устанавливаемый в башенке с круговым вращением. Основной недостаток - медленная наводка на следующую цель. Боезапас 56 боеприпасов, в число которых входили и бронейные снаряды. Дальность поражения фугасным боеприпасом 15 км.

САУ "AMX 105 AM"



Ещё одна САУ - "AMX-13 F3 AM" была принята на вооружение в 1960 году. На шасси AMX-13 было установлено 155-мм орудие длиной 33 калибра, которое обеспечивало максимальную дальность стрельбы до 25 км. Скорострельность - 3 выстрела в минуту. Из-за недостаточности места на "AMX-13 F3 AM" боевой расчёт (8 человек) и боезапас (25 снарядов) перевозились на отдельном грузовике. Самые первые "AMX-13 F3 AM" имели бензиновый 8-цилиндровый двигатель с жидкостным охлаждением "Sofat Model SGxb". На последние САУ устанавливали 6-цилиндровый дизельный двигатель с жидкостным охлаждением "Detroit Diesel 6V-53T". Дизель был экономичнее и мощнее бензинового двигателя и позволял САУ передвигаться на 400 километров со скоростью до 60 км/ч.

САУ "AMX-13 F3 AM"



ЗСУ "AMX-13 DCA".
Основное вооружение - две 30 мм пушки HSS-831A.
Для французской армии поставлено 60 установок



В следующем номере анализ послевоенного периода мирового танкостроения продолжим со средних и тяжёлых французских танков, оснащённых "качающимися башнями".

(Продолжение следует.)

Sodick



45000 линейных электроискровых станков в эксплуатации

(свыше **700** в России, Украине и др. государствах
бывшего СССР; на 06.2017 г.)

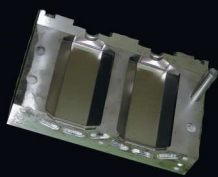
Единственный в мире изготовитель электроискровых (электроэрозионных) станков с проверенными временем плоскопараллельными линейными двигателями (ЛД).

Производство электроискровых линейных станков (станков с ЛД) с 1998 г.

Все линейные станки Sodick, включая самые первые 1998-1999 гг., по настоящий момент сохраняют неизменную точность позиционирования!

Испытанные пятнадцатью годами эксплуатации плоскопараллельные ЛД, разработанные для ЭИ станков, и ЭИ станки, сконструированные специально под плоскопараллельные ЛД. Собственная разработка, опытно-конструкторские работы, а также производство ЛД, Nd-Fe-B магнитов и систем управления для ЛД.

Собственные системы компьютерных ЧПУ, ПО и CAD/CAM.



Точность позиционирования:

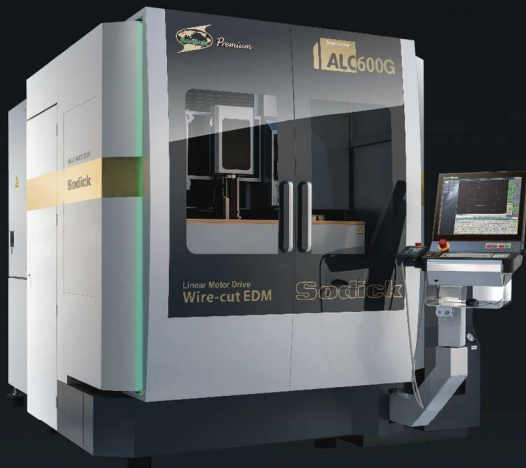
гарантия **10** лет

Впервые в отрасли!

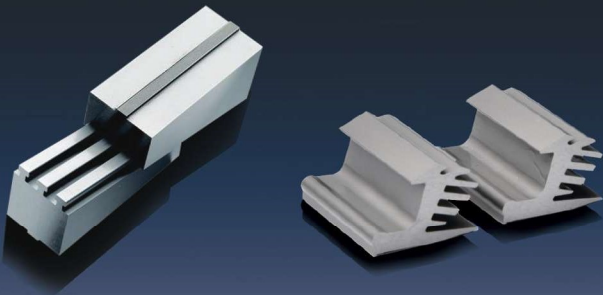
60 лет опыта производства ЭИ станков!

Smart Pulse & Smart Linear

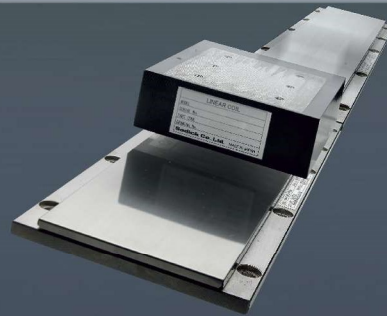
ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНЫЕ СТАНКИ



УЛУЧШЕННАЯ ШЕРОХОВАТОСТЬ



ALC 400G ALC 600G



ЭИ станки с жесткими
плоско-параллельными
линейными приводами.

45 000 ЭИ линейных
станков – с 1998 года.

Sodick



7 ARGUMENTE
FÜR EINE HERMLE

Попадание с первого раза – что касается выдерживания заданной точности.

Обрабатывающие центры с непревзойденной
точностью.

Когда речь идет о безупречном функционировании готового изделия, зачастую решающую роль играет микрометрическая точность отдельных компонентов. Обрабатывающие центры Hermle подкупают своей высокой точностью типичной для Hermle в пяти или трех координатах.

Больше информации о точности наших обрабатывающих центров см. по адресу: **hermle1.de**.

127018, Москва,
ул. Полковная, д. 1, стр. 4.
Тел.: +7 495 627 36 34.
Факс: +7 495 627 36 35.
www.hermle-vostok.ru