

№4(4)1999

Двигатель

Научно-технический журнал



Поршневой двигатель внутреннего сгорания изобретен давно, и сегодня две его модификации, использующие в качестве топлива бензин и дизельное топливо, заполнили весь мир

60 лет



ОАО “АВИАДВИГАТЕЛЬ”

среди мировых лидеров
двигателестроения

| Тип двигателя | Год создания | Самолет Вертолет |
|---------------|-----------------------|---|
| М-25 | 1936 | И-15 |
| М-25В | 1937 | И-16 |
| М-62 | 1937 | И-153 |
| АШ-62ИР | 1938 | Ли-2, Ан-2 |
| М-63 | 1939 | И-16 |
| АШ-82 | 1941 | Ла-5, Ту-2 |
| АШ-82ФН | 1943 | Ла-5ФН, Ла-7 |
| АШ-73ТК | 1947 | Ту-4 |
| АШ-82Т | 1951 | Ил-14 |
| АШ-82В | 1952 | Як-24, Ми-4 |
| Д-25В | 1958 | Ми-6, Ми-10 |
| Д-20 | 1960 | Ту-124 |
| Д-30 | 1966 | Ту-134 |
| Д-30КУ | 1971 | Ил-62М |
| Д-30КП | 1972 | Ил-76 |
| Д-30Ф6 | 1979 | МиГ-31 |
| Д-30КУ154 | 1983 | Ту-154М |
| ПС-90А | 1991 | Ил-96-300, Ту-204, Ту-214, Ил-76МФ М-55 "Геофизика" |
| Д-30В12 | начало экспл. 1994 | |

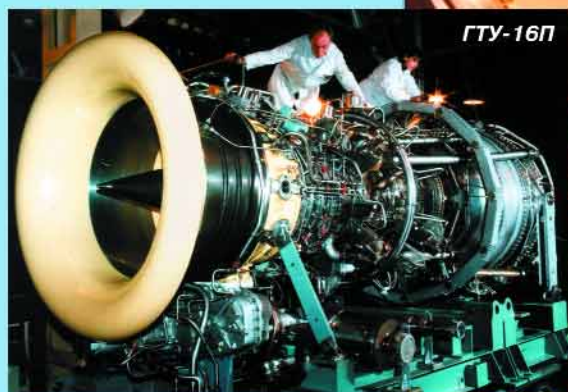


Вехи истории

- 1930 - начало строительства в Перми моторостроительного завода №19.
- 1934 - собран и испытан первый мотор воздушного охлаждения М-25 (по лицензии фирмы "Кертис-Райт").
- 1939 - 11 декабря образовано ОКБ-19 (ныне ОАО "АВИАДВИГАТЕЛЬ"), главный конструктор А.Д. Швецов.
- 1943 - ОКБ-19 награждено орденом Ленина за создание двигателя АШ-82.
- 1953 - главным конструктором ОКБ-19 назначен П.А. Соловьев.
- 1960 - создан первый в СССР и один из первых в мире двухконтурных ТРД Д-20П.
- 1966 - П.А. Соловьеву присвоено звание Героя Социалистического Труда за создание двигателя Д-25В для Ми-6 и Ми-10 - самых мощных в мире вертолетов в течение четверти века.
- 1978 - П.А. Соловьеву присуждена Ленинская премия за создание Д-30КП.
- 1981 - МКБ (ОКБ-19) награждено орденом Октябрьской Революции за создание Д-30Ф6.
- 1985 - МКБ выиграло конкурс на создание двигателя для Ил-96 и Ту-204.
- 1992 - на ПС-90А выданы сертификаты МАК и ИКАО.
- 1992 - заключен первый договор с РАО "Газпром" (разработка ГТУ-12П).
- 1992 - образовано ОАО "Авиадвигатель".
- 1994 - принята программа "Урал-Газпром".
- 1997 - начаты летные испытания истребителя С-37 "Беркут" с пермскими ТРДДФ.
- 1999 - по результатам тендера Газпром принял решение о применении ГТУ-12П и ГТУ-16П на газопроводе "Голубой поток" (Россия-Турция).
- 1999 - принята программа "Урал-Газпром-2".



ПС-90А



ГТУ-16П

| Тип ГТУ | Год создания | Объект применения |
|----------|--------------|-------------------|
| ГТУ-12П | 1995 | ГПА |
| ГТУ-2,5П | 1995 | ПАЭС, ЭГ2500 |
| ГТУ-4П | 1997 | ТЭС, ГТЭС |
| ГТУ-16П | 1998 | ГПА |
| ГТУ-10П | 1999 | ПХГ, ДКС |
| ГТУ-25П | разраб. | ГПА |
| ГТУ-7П | проект | ПХГ, ДКС |
| ГТУ-18П | проект | ГПА |
| ГТЭ-65 | проект | ЭС |
| ГТЭ-180 | проект | ЭС |

**ЭФФЕКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ
В НЕБЕ И НА ЗЕМЛЕ**

*В XXI век - с новыми идеями
и взаимоотношениями*



"Двигатели - 2000"

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
с 18 по 22 апреля 2000 г. в павильоне №20 ВВЦ

Ожидается участие более 360 фирм из России и зарубежных стран

В рамках выставки 19-20 апреля
научно-технические симпозиумы:

"История двигателей в XX веке"
"Двигатель и экология"

**ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ И СИМПОЗИУМОВ - АССАД
- АССОЦИАЦИЯ "СОЮЗ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ"**

105118, Москва, проспект Буденного, 19, АССАД тел./факс: (095) 366-09-16, 366-45-88

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"

Абрамов Г.А.,

директор Российского Речного Регистра

Анисин Д.Д.,

зам. руководителя Департамента мореплавания Минтранспорта РФ

Высоцкий М.С.,

директор Научного центра проблем механики машин НАН Республики Беларусь

Галко В.Г.,

первый зам. министра промышленности Республики Беларусь

Глухих В.К.,

председатель Совета директоров ОАО "Рыбинские моторы"

Грибакин В.И.,

ген. директор Внешнеэкономического АО "Интерпрофавиа"

Гриценко Е.А.,

ген. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова, Самара

Данилов О.М.,

ген. директор ЗАО "Центральная компания МФПГ "БелРусАвто", Москва

Долецкий В.А.,

президент АО "Русские моторы", Ярославль

Зазулов В.И.,

гл. конструктор ОКБ "ЭГА", Москва

Каблов Е.Н.,

директор ГНЦ ВИАМ

Клименко В.Р.,

гл. инженер ОАО "Аэрофлот – РМА"

Книпель А.Я.,

руководитель Департамента авиационной промышленности Минэкономики РФ

Коржов М.А.,

гл. конструктор двигателей ОАО "АвтоВАЗ", Тольятти

Крымов В.В.,

гл. инженер ФНПЦ ММП "Салют", Москва

Кузнецов А.Н.,

начальник Управления средств выведения и наземной космической инфраструктуры РАКА

Кутенев В.Ф.,

ген. директор ГНЦ НАМИ

Леонтьев Н.И.,

ген. конструктор, ген. директор КБХМ им. А.М. Исаева

Муравченко Ф.М.,

ген. конструктор МКБ "Прогресс", Запорожье

Мышелов Е.П.,

декан фак. № 2 МАИ, ректор Международного инженерного университета

Новиков А.С.,

технический директор, ген. конструктор ОАО "Рыбинские моторы"

Романов В.И.,

ген. директор НПП "Машпроект" им. С.Д. Колосова", Николаев

Симонов К.М.,

начальник Департамента локомотивного хозяйства МПС РФ

Скибин В.А.,

директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

Степанков В.Г.,

председатель Совета директоров ОАО "Пермский моторный завод"

Троицкий Н.И.,

директор НИИ двигателей

Чепкин В.М.,

ген. конструктор ОАО "А. Лялька-Сатурн"

Чуйко В.М.,

президент Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения"

Шапошников Е.И.,

советник Президента РФ по авиации и космонавтике

УЧРЕДИТЕЛЬ
ООО "Редакция журнала "Двигатели"

ИЗДАТЕЛЬ
ООО "Редакция журнала "Двигатели"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Бажанов

Заместитель главного редактора

Дмитрий Боев

Ответственный секретарь

Александр Медведь

Финансовый директор

Галина Чекина

Редакторы:

Андрей Касьян,

Людмила Клименко,

Алексей Межуев

Литературные редакторы:

Лидия Рождественская

Художественный редактор

Людмила Жемуранова

Дизайн и верстка

Александр Коваленко

Техническая поддержка

Александр Бобылев

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

Валерия Амотника,

Александра Бажанова,

Дмитрия Боева,

Людмилы Жемурановой,

Александра Медведя,

Владимира Романова

Адрес редакции журнала "Двигатель":

112250, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (095) 362-39-25

Факс: (095) 362-39-25

E-mail: engine@ilm.net

http://www.engines.da.ru

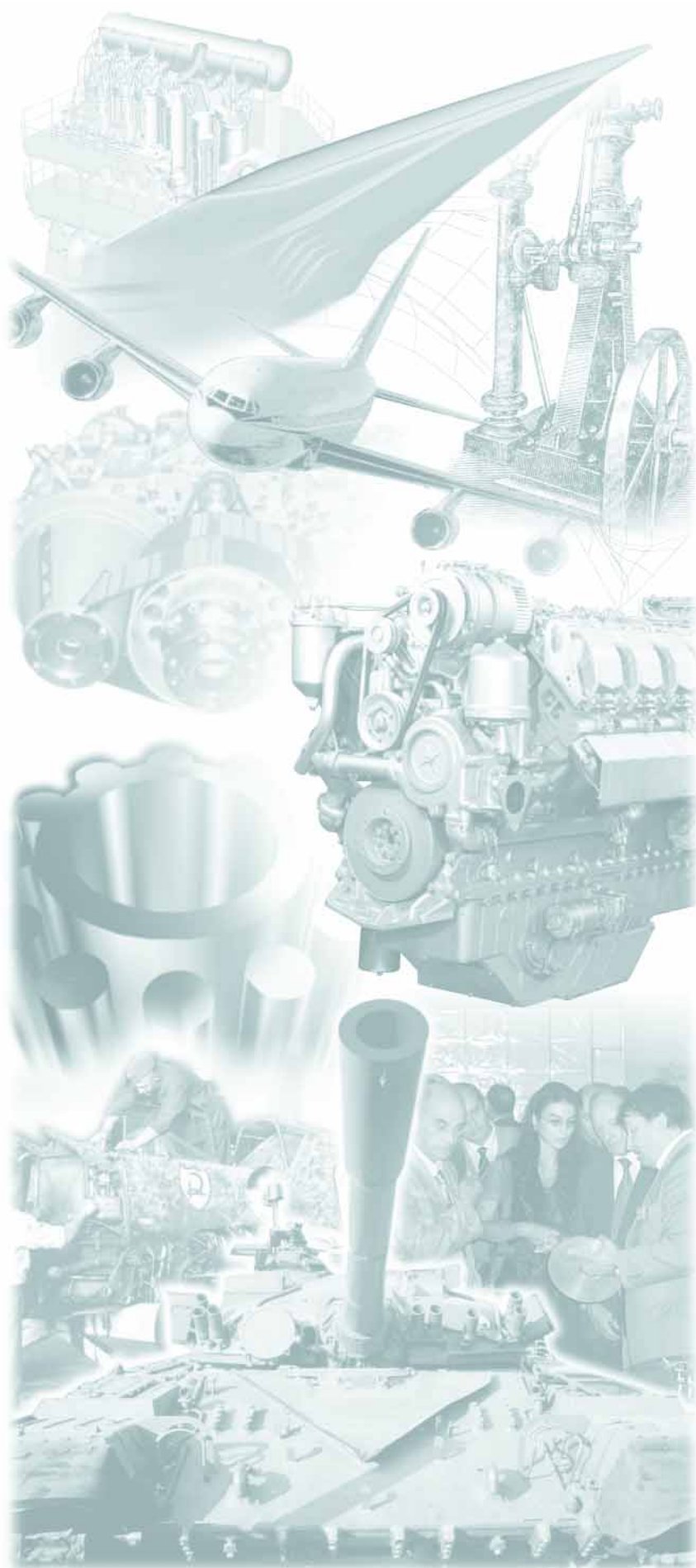
Редакция не несет ответственности за достоверность информации в публикуемых материалах. Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов. Перепечатка опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается.

Научно-технический журнал зарегистрирован в Государственном Комитете РФ по печати
Пер. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано на фабрике офсетной печати
Москва, ул. Авиамоторная, 2
Тираж 5000 экз.
Цена свободная

СОДЕРЖАНИЕ

- 4** **Танковое двигателестроение в России. Каким оно видится на рубеже 21 века**
Н. Троицкий, Т. Смирнова, В. Подгаецкий
- 8** **Профессионалы выбирают "ЯМЗ"**
В. Савельев
- 10** **Новое поколение судовых двигателей Брянского машиностроительного завода**
С. Алейников, Л. Альшиц
- 12** **Роковой ошибке — век**
Ю. Свиридов
- 15** **Информация: Пока нет "революционного" двигателя**
В. Луканин
- 16** **Шанс для российского двигателя**
Ю. Никитин, С. Коротеев, П. Перстнев
- 18** **Легендарный В-2: три страницы судьбы**
Е. Зубов
- 22** **Дизель: человек и мотор**
Н. Александров
- 26** **Математическое моделирование — ключ к созданию двигателей**
В. Скибин, А. Крайко, Б. Блинник, И. Брайко, М. Иванов, В. Копченков, В. Макаров, А. Секундов, Ю. Темис
- 28** **Эталонная модель качественного производства**
Ю. Елисеев
- 29** **Информация: Проблемы сертификации и обеспечения качества авиационной техники**
- 31** **Первый в России опыт применения второй стратегии управления ресурсом авиационного двигателя**
А. Иноземцев, И. Андрейченко, В. Сычев, Ю. Пыхтин
- 34** **Гиперзвук — это реальность**
Г. Щепин, А. Терёшин
- 36** **Экзотические двигатели в авиации: перспектива или тупик?**
А. Гомберг
- 38** **В поисках оптимального критерия**
В. Михальцев
- 40** **Электромагнитный конвертор**
С. Годин
- 42** **Пьезоэлектрическая керамика в сервоприводах и электродвигателях нового поколения**
В. Спиридонов
- 44** **Сердце истребителя**
А. Николаев
- 47** **Имитатор отказов**
А. Маркуша
- 48** **Информация: Праздник газотурбинистов России**
В. Гуров
- Четырехмиллионный дизель ЯМЗ**
Л. Кожанова



ТАНКОВОЕ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ

каким оно видится В РОССИИ

на рубеже 21 века

Николай Троицкий,

директор ГУП "НИИД", к.т.н.

Татьяна Смирнова,

начальник отдела ГУП "НИИД", к.т.н.

Виктор Подгаецкий,

начальник отдела ГУП "НИИД", к.т.н.

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

Становление и последующее развитие отечественного танкового двигателестроения является одной из наиболее ярких и славных страниц истории нашей промышленности. Создание в конце тридцатых годов первого в мире быстроходного мощного танкового дизеля В-2 стало поворотным пунктом в развитии отечественного и мирового танкостроения.

Анализируя опыт военных действий 1939-1945 гг., командующий бронетанковыми силами Германии фельдмаршал Гейнц Гудериан указывал на большую значимость двигателя для боевых характеристик танка, не уступающую значимости танковой пушки. Не хуже Гудериана понимали роль силовой установки и у нас, но, к сожалению, не всегда это понимание находило отражение в конструкции боевых машин.

В ходе совершенствования танкового вооружения и защиты происходило неуклонное возрастание массы боевых машин, что отрицательно сказывалось на их подвижности и требовало увеличения мощности двигателей. В начале шестидесятых разработчики танка нового поколения потребовали от двигателистов резко увеличить мощность силовой установки. В ОКБ завода им. В.Я. Климova усилия были сосредоточены на создании ПТД, а в харьковском КБД завода имени Малышева — на двухтактном дизеле 5ТД. Оба конструкторских коллектива добились успеха, разработав опытные двигатели мощностью до 1100 кВт. В то же время совершенствование двигате-

лей семейства В-2 продвигалось медленно, и даже его современные варианты, предназначенные для основного боевого танка Т-72, имеют мощность от 573 кВт (В-46) до 618 кВт (В-84).

С распадом Советского Союза предприятие, выпускающее современные мощные танковые дизели 6ТД, осталось в так называемом "ближнем зарубежье" (Украина), а освоение производства новых модификаций серийного двигателя ПТД-1250 затормозилось ввиду известных экономических неурядиц. Поэтому в начале 90-х гг. Россия оказалась без современного серийного танкового двигателя, необходимого как для модернизации, так и для создания перспективных образцов танков.

В настоящей статье сделана попытка на основе обобщения отечественного и зарубежного опыта сформулировать основные задачи, стоящие сегодня перед танковым двигателестроением России, и наметить возможные пути их решения. Мы исходим из того, что наша страна не может позволить себе быть слабой в области бронетанковой техники.

ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ В ОТРАСЛИ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

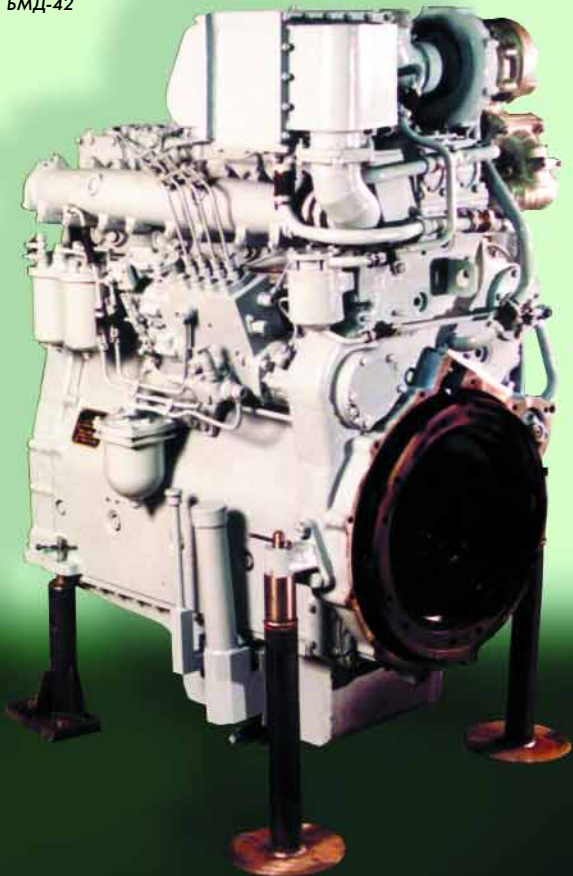
В последнее время в России резко снижено финансирование НИОКР, связанных с разработкой новых и совершенствованием серийных двигателей специального назначения. Практически остановлены перспективные исследования в области материалов и покрытий, создания и развития научно-технического задела, разработки концепции двигателя 21 века. В результате, еще сохраняя первенство в мировом двигателестроении по массогабаритным показателям и плотности компоновки, отечественные танковые двигатели проигрывают лучшим зарубежным двигателям США, Германии, Великобритании по параметрам, характеризующим рабочий процесс.

В сложившихся условиях была сделана ставка на модернизацию серийных двигателей В-84 с целью довести их мощность до уровня 1000 л.с. и более, что без принципиального изменения конструкции двигателя (компоновочной схемы, размерности цилиндров и пр.) соответствует ее увеличению почти в 2,5 раза по сравнению с исходным уровнем мощности дизеля В-2.

Совместными усилиями Главного автобронетанкового управления (ГАБТУ) Минобороны РФ, КБ, НИИ и предприятий отрасли созданы форсированные модификации двигателя — дизели В-92 и КД-34 мощностью 1000 л.с. Этими двигателями оснащается принятый на вооружение в 1992 г. новый танк Т-90С с заметно улучшенной подвижностью.

Министерство обороны Индии высказалось за покупку 250...300 российских танков Т-90С, но потребовало подтвердить их работоспособность в климатических условиях своей страны. В качестве испытательного полигона была выбрана пустыня Тар в предгорьях Гималаев. Контрольным испытаниям пробегом протяженностью 2000 км в условиях высокогорной пустыни при температуре окружающего воздуха +50 °С (в

БМД-42



DIGEST

Recently, R&D works in Russia, related to developments of new engines and improvements of serial special-purpose engines, were sharply slowed down. The modernization of the GTD-1250 engine of serial production for the O-80 tank, which was envisaged by prospective programs, was shelved because of lack of finances. The

ряде случаев она повышалась до +57 °С) были подвергнуты три двигателя В-92. В июле 1999 г. испытания были успешно завершены.

В планах модернизации серийного двигателя ГД-1250 для модифицированного танка Т-80 предусматривалось применение гидрообъемной передачи во встроенных в редуктор двигателя планетарных рядах. Такой двигатель в конце 80-х гг. прошел все виды испытаний, в том числе ходовые в составе танка. Выявилась возможность многократного снижения числа переключений передач, повышения средней скорости танка на 10...12 % и снижения путевого расхода топлива на 6...8 %. Однако в серию модернизированный ГД пока не запущен.

В ОАО "ЧТЗ" медленно идут работы по созданию опытного двигателя нового ряда размерностью D/S = 15/16. Отсутствие сил и средств существенно тормозит отработку двигателя, особенно в части надежности. Двигатель может морально устареть.

Сложившееся положение дел в российском танковом двигателестроении — это результат воздействия ряда факторов, определивших в свое время объемы выпуска, многоотипность, замедленные темпы модернизации, ограниченное использование в народном хозяйстве и редкую смену поколений танковых двигателей. Сложность ситуации станет более ощутимой, если иметь в виду, что за рубежом в рамках национальных и межнациональных программ стран НАТО (программы AJM, FMBT, FCS в США, NGP в Германии, RO-2000 в Великобритании и др.) в настоящее время развернуты и интенсивно проводятся крупномасштабные разработки перспективных танковых двигателей IV поколения, предназначенных для бронетанковой техники 2000-х годов. Ожидается, что эти двигатели обеспечат новым перспективным танкам НАТО существенное превосходство над боевыми машинами III поколения: по удельной мощности на ~ 40 %, по скорости движения на ~ 20 %, по запасу хода на ~ 30 %.

В случае реализации планируемого США на 2025-2030 гг. технического "скачка" в области бронетанковой техники (программа FCS) отрыв может значительно увеличиться. Эти намерения следует рассматривать как один из самых серьезных вызовов отечественному танковому двигателестроению за последние полвека.

Удерживать свои позиции России пока удастся благодаря ранее созданному научно-техническому заделу. Чем скорее он будет восстановлен и восполнен, тем легче окажется выход из сложившейся ситуации. Возобновление, активизация и повышение эффективности работ в отечественном танковом двигателестроении требует, как показывает отечественный и зарубежный опыт, перехода к новым формам организации проектирования и производства.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ РАБОТ

В условиях, когда практически отсутствует государственное финансирование НИОКР, а закупки вооружения и военной техники сведены к минимуму, когда продажа танковых двигателей и объектов бронетанковой техники в зарубежные страны затруднена из-за ряда причин (а существенного улучшения ситуации в ближайшее время трудно ожидать), для поддержания на должном уровне танкового двигателестроения становится жизненно необходимым переход к другим принципам его развития. Крупные зарубежные производители в условиях свертывания военных заказов прибегли к созданию двигателей, отвечающих так называемой "военно-гражданской" концепции. Сказанное требует некоторого пояснения.

"Военно-гражданская" концепция предполагает разработку конструкции двигателя, которая при сохранении неизменными в ней размерности цилиндров, межосевого расстояния, деталей кривошипно-шатунного механизма, остова и некоторых других основных элементов может быть при необходимости трансформирована в его гражданские или военные модификации, удовлетворяющие ТТТ соответствующей области примене-

ния. Эти двигатели составляют обычно единое семейство унифицированных многоцелевых двигателей или, как их еще называют, двигателей двойного назначения (ДДН).

За последние 10-15 лет в ведущих зарубежных странах произошло заметное изменение тенденций, которые длительное время определяли принципы разработки и создания танковых двигателей. В стратегии научно-технической и производственной деятельности крупных двигателестроительных фирм четко проявилось стремление отказаться там, где это возможно, от разработки специализированных транспортных (в том числе и танковых) дизелей и переходить к созданию упомянутых многоцелевых двигателей.

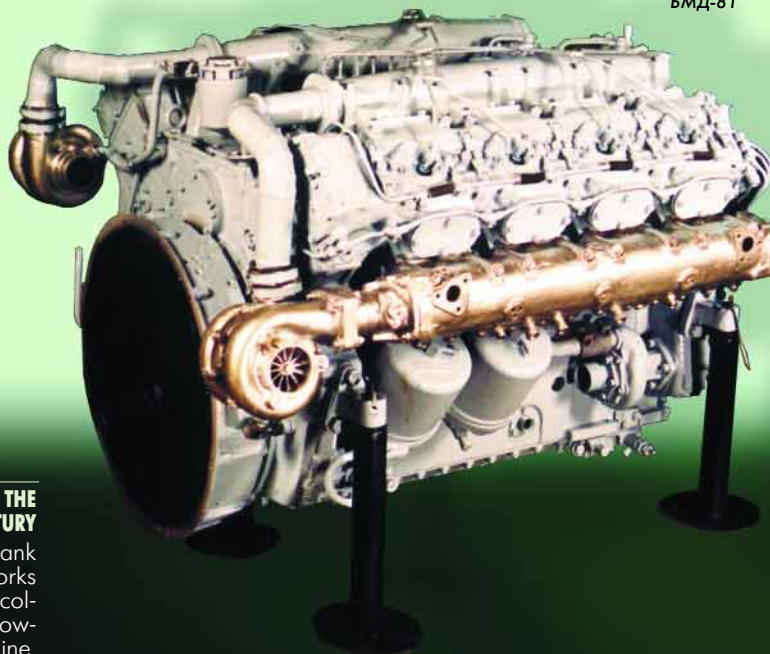
Идея разработки многоцелевых двигателей основана на созданном научно-техническом заделе, на использовании новых высокопрочных и жаростойких материалов и прогрессивных технологий, в результате чего появилась реальная возможность закладывать в конструкцию важнейших элементов двигателей весьма высокие запасы прочности без существенного увеличения их массы и габаритов при сохранении неизменной общей конструктивной схемы (размерности, числа и расположения цилиндров). Это позволяет создавать высокоэффективные модификации дизелей, которые, отличаясь друг от друга числом цилиндров, конструкцией корпусных деталей, а также отсутствием или наличием агрегатов наддува и охладителей наддувочного воздуха, могут быть использованы в составе силовых установок военных машин, на автомобилях и судах при сохранении высокой (80...85 %) степени унификации. Поэтому разработка ДДН стимулируется осознанием технико-экономической целесообразности производства таких двигателей объединенными (военно-гражданскими) усилиями, а также выгодностью их эксплуатации во многих областях коммерческой и специальной техники.

Кроме того, среди причин, способствующих созданию ДДН, называют объективно возрастающую в ходе научно-технического прогресса общую сложность и связанное с ней удорожание промышленных изделий (в том числе двигателей), особенно в случае неоправданного разнообразия типажа и недостаточной унификации. Однако наиболее существенную роль в расширении номенклатуры ДДН в ведущих странах за рубежом сыграло сокращение объемов военных заказов.

Изготовление ДДН ведется, как правило, на общих производственных площадях, причем доля военных модификаций в суммарном объеме выпуска ДДН не превышает в мирное время 20...25 %, но легко может быть увеличена в особый период. Нетрудно заметить, что таким способом создаются скрытые резервы промышленных мощностей, способные в кратчайшие сроки (1,5-2 месяца) легко переориентироваться в военное время на выпуск необходимого количества двигателей для боевой техники.

Таким образом, создание ДДН сегодня и в будущем является практически единственным способом обеспечения требуемой мобилизационной готовности БТТ. Альтернативой может быть созда-

БМД-81



TANK ENGINE MANUFACTURING IN RUSSIA: HOW MATTERS STAND AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY

"ChTZ" Co. (Chelaybinsk Tank Facility) is developing a new tank engine of the next generation. However, the development works make very slow headway for the same economic reasons. With collapse of the Soviet Union the company producing such modern powerful engines as 6GT became in the possession of Ukraine.

ние специальных военных двигателей с последующей подготовкой их полномасштабного серийного производства в военное время и консервацией заводских площадей на мирный период. Однако скрупулезный анализ материально-финансовых потерь, присущих этому варианту, показал его полную неприемлемость даже для такой богатой страны, как США. Именно поэтому практически все наиболее развитые зарубежные страны создают семейства ДДН.

В настоящее время активно и плодотворно ведут работы по созданию многоцелевых дизелей фирмы SACM и "Моторс Бодуэн" во Франции, MTU и KHD в Германии, "Ото Мелара" в Италии, "Перкинс" в Великобритании, "Континентал Теледайн" и "Катерпиллер" в США и др. В качестве примера удачной разработки может быть приведен многоцелевой дизель 6F1SRX нового ряда DF фирмы "Бодуэн", который заменил военный дизель HS-115-2 фирмы "Рено" в модерни-

отдельно. Следует лишь отметить, что наиболее ответственным этапом в создании многоцелевого двигателя, с точки зрения полноты реализации закладываемой в него основной идеи, является выбор ключевых конструктивных решений (по цилиндрично-поршневой группе, кривошипно-шатунному механизму, остову и др.) с учетом требуемого уровня параметров и условий применения двигателя. При этом чем глубже и полнее будут взаимоувязаны заинтересованными сторонами (военной и гражданской) специфические требования, вытекающие из каждой области применения, чем ближе к началу создания двигателя будет отнесена эта проработка, тем, очевидно, совершеннее и эффективнее станет создаваемый двигатель.

В связи с этим целесообразно отказаться от привычного термина "базовый двигатель", в который ранее вкладывался вполне определенный смысл: это двигатель, максимально удовлетворяющий тре-

Конвертирование двигателей семейства УТД производства ОАО "БЭТМ"

| Тип двигателя | Мощность, л.с. | Частота вращения, об/мин | Напряжение питания, В | Частота тока, Гц | Предназначение |
|-------------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|------------------|--|
| Судовой дизель ЗД20 | 180...235 | 2800...2200 | — | — | катера "Соколенок", "Аист", "Невка", "Бекас" |
| Транспортный дизель 5Д20 | 240...300 | 2400...2600 | — | — | тягачи и большегрузные автомобили |
| Судовой дизель ЗД29 | 440 | 2270 | — | — | пассажирский морской катер "Алмаз" |
| Судовой дизель с турбонаддувом ЗД32 | 615 | 2270 | — | — | служебно-разъездной катер "Валаам" |
| Автотранспортный дизель 5Д29 | 400 | 2400 | — | — | самоходный транспортер, сверхтяжелый транспортный модуль |
| Дизель-генераторы переменного тока | 100 | — | 400 | 50 | автоматизированные передвижные электростанции |
| | 60 | — | 230 | 400 | |

зированной французской боевой машине пехоты AMX-10RC. Больших успехов в указанной области добилась германская фирма MTU, создавшая типовой ряд многоцелевых дизелей для тяжелых автомобилей, рельсового подвижного состава, привода судов, генераторов и др., включая танковый дизель MT-873Ka 500.

Однако наиболее значительных результатов (по техническому уровню, числу военных и гражданских модификаций и объемам выпуска) в создании ДДН достигла фирма "Перкинс" из Великобритании (см. "Двигатель" №3, 1999 г.). Ее дизели семейства "Кондор" были спроектированы как военные и гражданские одновременно. Это обеспечило военным вариантам такие типично "гражданские" преимущества, как высокие ресурс и надежность работы, низкие начальную стоимость и стоимость жизненного цикла. В настоящее время двигатели "Кондор" — самые мощные и совершенные серийные военные танковые и коммерческие дизели.

Учитывая ограниченный объем этой публикации и в основном концептуальный характер анализа в ней, авторы намеренно не затрагивали научно-технические и конструкторско-технологические аспекты создания ДДН (такие, как выбор рациональной конструкторско-компоновочной схемы двигателя, его размерности, уровень основных параметров и пр.). Эти вопросы планируется рассмотреть

БМД-43



бованиям военной техники, с неизбежной (до недавних пор) потерей качеств пригодный для использования в гражданской сфере (но в большинстве случаев уступающий гражданским двигателям), или наоборот. Концепция многоцелевого двигателя, в отличие от "базового", предполагает лишь перенос акцента в технических требованиях в зависимости от назначения машины.

Общими техническими требованиями к ДДН являются топливная экономичность, надежность, ресурс работы, пусковые качества, простота обслуживания и легкость ремонта. В частности, для "военных" двигателей чрезвычайно важны малые габариты и небольшая масса при требуемой для данного класса машин мощности, способность успешно работать в экстремальных условиях (большие ударные нагрузки, высокая запыленность воздуха, высокогорная местность и т.д.), а также возможность использования различных видов топлива. Для двигателей гражданского назначения не менее важными факторами являются экологические характеристики и невысокая стоимость.

Основная задача, которая сегодня стоит перед отечественным танковым двигателестроением, формулируется достаточно четко — необходимо на принципах разработки ДДН как можно быстрее создать "новый В-2", отвечающий современным требованиям и обладающий достаточной перспективой дальнейшего развития. До настоящего времени в этом направлении проводились лишь весьма ограниченные проработки, которые показали, что современные отечественные двигатели военных машин имеют приемлемые массогабаритные показатели, но, несмотря на весьма умеренную степень форсирования, весьма ограниченный ресурс. Поэтому создание на их базе гражданских модификаций (или их конвертирование) обеспечивается либо уменьшением нагрузок на основные детали (обычно дефорсированием по частоте вращения и по величине среднего эффективного давления), либо увеличением прочности деталей, воспринимающих нагрузки, путем перехода к массивным, чаще чугуновым остовам и др. Оба эти направления получили в нашей стране достаточное распространение.

Available resources for modernization of V84 serial engines (a successor of a famous V-2 engine) have been practically exhausted. In this situation it is important to change the strategy and count on development of a unified family of multi-purpose engines or "double destination engines" (DDE), as they are called. Differing from one another by number of cylinders, design base components, and

Так, примером практической реализации идеи дефорсирования являются гражданские модификации дизелей В-2, выпускаемые заводами России. Модификации этого двигателя с числом цилиндров 6 и 12 и мощностью до 630 кВт применяются на большегрузных автомобилях, экскаваторах, тракторах, маневровых тепловозах, дизель-генераторных и буровых установках, в качестве главных и вспомогательных судовых двигателей.

Разработанное ОАО "ЧТЗ" по техническим условиям для военных машин новое семейство с размерностью D/S = 15/16 сегодня конвертируется для машин гражданского назначения. Семейство двигателей УТД с размерностью D/S = 15/15, созданное на ОАО "БЗТМ", нашло применение на судах морского и речного флота, строительных и дорожных машинах, буровых установках, большегрузных автомобилях и тягачах, маневровых тепловозах и т.п. Большую долю в производстве завода составляют дизель-генераторные установки. Проблема ресурса гражданских дизелей УТД также решалась путем дефорсирования военного дизеля с переходом в некоторых случаях на чугунные детали остова без принципиального изменения конструкции. Таким путем удалось в дизелях типа УТД увеличить ресурс до 8...10 тыс. ч при одновременном повышении их экономичности.

Однако следует признать, что "конвертирование" военных образцов двигателей является вынужденным паллиативным решением. У каждого завода-производителя двигателей имеются свои специфические проблемы, но финансовое выживание их, безусловно, связано с разработкой и началом производства семейства многоцелевых двигателей с более высоким техническим уровнем, что обеспечит конкурентоспособность на внешнем рынке и устойчивый спрос в России. Для этого в начале 2000-х годов потребуются достижение высокой топливной экономичности (менее 200 г/кВт·ч), снижение расхода масла на угар (ниже 0,2 % от расхода топлива), обеспечение высокой литровой мощности (порядка 60 л.с./л и выше) и норм по содержанию вредных выбросов в отработавших газах.

Проводимые ОАО "БЗТМ" работы по созданию семейства унифицированных дизелей типа БМД, по нашему мнению, можно считать первым шагом в этом направлении. Предполагается, что семейство дизелей БМД будет состоять из 3- и 4-цилиндровых рядных двигателей и V-образных двигателей с числом цилиндров 6, 8 и 12, имеющих чугунный блок-картер, индивидуальные головки цилиндров, охлаждаемый поршень и др. Изменение степени наддува и охлаждение наддувочного воздуха позволят гибко и эффективно обеспечивать требуемые уровни мощности без значительных переделок конструкции дизеля. Высокая степень унификации двигателей семейства может быть достигнута путем использования одинаковых узлов и деталей цилиндра-поршневой группы, топливной аппаратуры, агрегатов наддува и пр.

Дальнейшее развитие танковых ГТД мощностью 1800...2000 л.с. и выше также следует рассматривать с учетом их двойного применения, причем в силу известных обстоятельств (большая стоимость производства и повышенный расход топлива ГТД по сравнению с дизелем) их двойное применение должно предусматриваться в смежных областях военной и гражданской техники (авиация, в том числе вертолеты, суда, системы энергоснабжения и др.). Примером такого расширенного применения транспортных ГТД за рубежом является создание на базе танкового двигателя AGT-1500 его модификации PLT-27 для вертолета, применение двигателя GT-601 в качестве силовой установки судов береговой охраны, в системах электроснабжения зенитных комплексов "Пэтриот" и др. В этом случае разработка двигателя-прототипа производится на базе отработанного газогенератора, являющегося наиболее сложным и дорогостоящим узлом ГТД.

В силу известных экономических трудностей, которые переживает Россия на рубеже веков, основой для успешного продвижения работ по танковым двигателям может быть только целенаправленная государственная техническая политика и координация работ, исключая параллелизм в разработке близких по назначению военных и гражданских двигателей. Создание базового двигателя должно предвостановляться оценкой его потенциального использования в различных областях применения, технического уровня и экспортных возможностей, анализом и сближением технических требований, предъявляемых различными потребителями, организацией конкурса технических предложений нескольких разработчиков. Это позволит сконцентрировать ограниченные финансовые ресурсы и устранить неоправданную многотипность двигателей специализированных отечественных предприятий.

| Характеристика (тип техники) | Модификация двигателя | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|------------|-------------|
| | -04 | -06 | -08 | -12 | -16 |
| Мощность, л.с. | 200...400 | 300...500 | 400...800 | 800...1200 | 1200...2000 |
| Тракторы | | | | | |
| Дизель-генераторы | | | | | |
| Автомобили | | | | | |
| Краны | | | | | |
| Автобус | | | | | |
| Комбайн "Сибиряк" | | | | | |
| Сейнер рыболовный | | | | | |
| Тягач многоцелевой | | | | | |
| Железнодорожная платформа | | | | | |
| Вспомогательная установка | | | | | |
| Большегрузный самосвал | | | | | |

Очевидно, что на государственном уровне должен быть создан директивный документ, например, по типу программы SAR (Streamlined Acquisition Reform) Пентагона, которая предусматривает следующие особенности создания перспективных силовых установок:

- разработка ведется на конкурсной основе;
- для поощрения конкурсантов-разработчиков государство оказывает содействие во внедрении гражданских вариантов двигателей на коммерческие транспортные объекты;
- разработка военных силовых установок ведется с привлечением коммерческих структур и гражданской промышленности;
- разработчикам гарантируется возможность самостоятельного проектирования по согласованным ПТТ без жесткого контроля со стороны министерства обороны, что способствует сокращению сроков, удешевлению проекта и развитию творческой инициативы.

Итак, на рубеже 21 века в России танковое двигателестроение сможет успешно развиваться только в том случае, если на основе объединения усилий заводов отрасли, НИИ и КБ (с разделением и кооперацией в производстве) будет создано семейство дизелей многоцелевого назначения (военного и гражданского). В организационном плане необходимо участие государства, координирующего выполнение Программы развития ДДН с привлечением различных источников финансирования и разработкой мер поощрения разработчиков и производителей.

БМД-80А0



application of supercharging units, these engines can be used both in military tanks and civil motor-cars or ships keeping high level of unification. The development of DDE is stimulated by realizing technical and economic sense of manufacturing by the united (civil and military) forces as well as profitability of the engine operation in many areas of commercial and special engineering.



Владимир Савельев,
генеральный директор
ОАО "Автодизель"

ПРОФЕССИОНАЛЫ ВЫБИРАЮТ "ЯМЗ"

ОАО "Автодизель" (Ярославский моторный завод) – крупнейший в России разработчик и производитель дизельных 6-, 8-, 12-цилиндровых двигателей многоцелевого назначения, сцеплений и коробок передач. Силовые агрегаты ЯМЗ нашли применение в различных областях техники: на автомобилях (МАЗ, БелАЗ, МоАЗ, БАЗ, УралАЗ, КрАЗ, ЗИЛ), комбайнах, тракторах, дизельгенераторах, железнодорожных, судовых и стационарных установках – всего более чем в 280 наименованиях машин, эксплуатирующихся в России и 80 странах мира.

За свою 83-летнюю историю предприятие, основанное русским инженером В.А. Лебедевым в 1916 г., прошло путь от ремонта импортных машин и двигателей, от выпуска грузовых автомобилей, автобусов и троллейбусов до разработки и производства современных четырехтактных дизельных двигателей. За это время на внутреннем и международном рынках было поставлено более 4 млн дизелей марки "ЯМЗ".

Работы по совершенствованию серийных образцов и созданию новых моделей позволяют не только удовлетворять запросы традиционных потребителей, но и постоянно расширять сферу применения дизелей ЯМЗ, оперативно реагировать на потребности рынка. За последние пять лет количество потребителей силовых агрегатов и двигателей ЯМЗ удвоилось. Наиболее крупными из новых потребителей сегодня являются АО "УралАЗ", АО "Ростсельмаш", АМО "ЗИЛ", Красноярский завод комбайнов, Харьковский и Онежский тракторные заводы, заводы дорожной и строительной техники, автобусные производства ЛиАЗ, МАЗ, МАРЗ, "Волжанин" и др.

ОАО "Автодизель" не является монополистом в российском дизелестроении, однако потребители предпочитают силовые агрегаты и двигатели марки "ЯМЗ". Это обусловлено их высокой надежностью при эксплуатации в различных климатических условиях, экономичностью, экологичностью, простотой технического обслуживания, а также наличием во многих регионах России и странах СНГ налаженной сети сервисного обслуживания и ремонта. Двигатели ОАО "Автодизель" успешно эксплуатируются на многих иностранных машинах вместо вышедших из строя фирменных двигателей. Качество ярославских дизелей подтверждено международными и отечественными сертификатами.

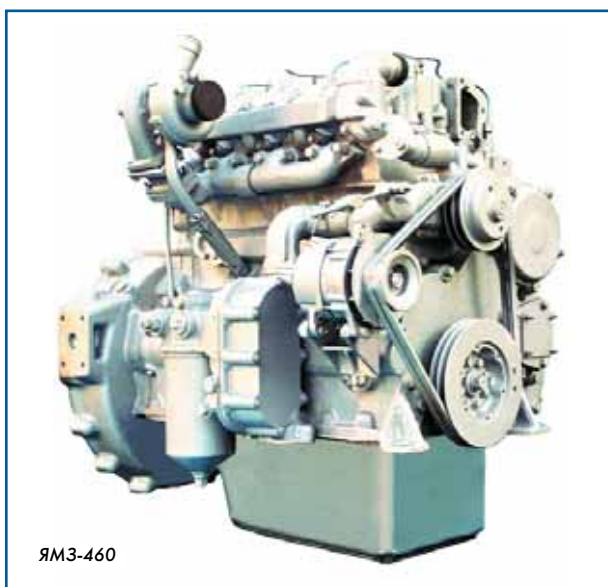
В соответствии с "Национальной стратегией развития автомобильной промышленности в Российской Федерации", а также межгосударственной программой Беларуси и России "Развитие дизельного автомобилестроения" ОАО "Автодизель" разработало долгосрочную программу технического перевооружения и организации выпуска модернизированных и новых силовых агрегатов многоцелевого назначения. Программа призвана удовлетворить выполнение постоянно ужесточающихся международных нормативных ограничений ЕЭК ООН по вредным выбросам, расходам топлива, масла и другим показателям.

В рамках совершенствования конструкции двигателей семейства D_xS = 130x140 мм освоено производство модернизированных 6- и 8-цилиндровых моделей, сертифицированных по нормативам EURO-I: ЯМЗ-236HE (230 л.с.), ЯМЗ-236BE (250 л.с.), ЯМЗ-238BE (300 л.с.) и ЯМЗ-238DE (330 л.с.). При этом было изменено ~15 % основных деталей и узлов, введен ряд новых элементов, таких как жидкостно-масляный теплообменник и односекционный масляный насос.

В настоящее время ОАО "Автодизель" осваивает производство новых V-образных двигателей ЯМЗ-7511 и ЯМЗ-7601 размерностью 130x140 мм, сертифицированных по нормативам EURO-II. Восьмицилиндровый дизельный двигатель ЯМЗ-7511 имеет мощность 400 л.с. при 1900 об/мин и предназначен, в

первую очередь, для установки на новые магистральные автопоезда типа МАЗ-5440. На его базе созданы четыре модификации: ЯМЗ-7512 (360 л.с.), ЯМЗ-7513 (420 л.с.), ЯМЗ-238BE2 (300 л.с.) и ЯМЗ-238DE2 (330 л.с.). Шестицилиндровый двигатель ЯМЗ-7601 имеет мощность 300 л.с. при 1900 об/мин. На его базе созданы две модификации: ЯМЗ-236HE2 (230 л.с.) и ЯМЗ-236BE2 (250 л.с.).

Новые двигатели являются многоцелевыми. По дымности и токсичности они соответствуют нормативам EURO-II, имеют удельный расход топлива 143...145 г/л.с.·ч и расход масла 0,2 % от расхода топлива. Прогнозируемый ресурс до капитального ремонта на автопоездах МАЗ составляет 800 тыс. км. В



ЯМЗ-460

конструкции дизелей применена топливная аппаратура "Компакт-40" с повышенной энергией впрыска (1200 кгс/см² вместо 600 кгс/см²), новые поршневая группа, водяной и масляный насосы, турбокомпрессор с повышенным к.п.д. и др.

Одним из перспективных направлений является создание двигателей, работающих на природном газе.

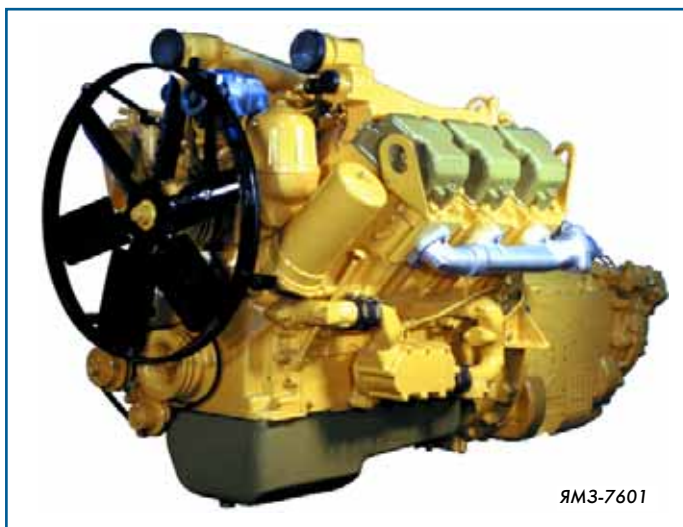
Специалистами ОАО "Автодизель" разработаны коробки передач нового семейства с высокой степенью унификации:

- 6-ступенчатая коробка ЯМЗ-336 для автомобилей типа МАЗ, УралАЗ, ЗИЛ, автобусов городского и пригородного типа (работает с двигателями мощностью $N_e < 300$ л.с.; входной момент $M_{вх} < 200$ Н·м);

- 9-ступенчатая коробка ЯМЗ-239, спроектированная для

большегрузных автомобилей, автопоездов типа МАЗ, КрАЗ, УралАЗ, ЗИЛ и междугородных автобусов ($N_e < 420$ л.с.; $M_{вх} < 1800$ Н·м);

— 14-ступенчатая коробка ЯМЗ-2314 для автопоездов междугородного класса.



ЯМЗ-7601

Одновременно разработаны четыре модели однодисковых сцеплений с фрикционными накладками из нового экологически чистого (безасбестового) материала. По своим весовым и габаритным показателям сцепления соответствуют лучшим мировым аналогам.

В настоящее время с фирмой ZF ("Цанрад-фабрик") ведутся переговоры о возможности создания совместного предприятия по выпуску коробок передач в ОАО "Автодизель".

По заказу МО создаются многоцелевые двигатели размерностью 140x140 мм для специальных колесных шасси Минского и Курганского заводов колесных тягачей, Брянского автозавода, для гусеничных машин Ишимбайского завода транспортного машиностроения. Семейство включает следующие модели: 8-цилиндровый двигатель ЯМЗ-846 (500 л.с.) для МЗКТ; 8-цилиндровый ЯМЗ-849 (450...600 л.с.) для БАЗ; 12-цилиндровый ЯМЗ-847 (800 л.с.) для МЗКТ, ИЗТМ и КЗКТ.

В конструкцию двигателей заложен ряд оригинальных решений. В частности, предусмотрены:

— эффективная система предпускового подогрева, обеспечивающая запуск двигателя в течение 30 мин при температуре воздуха -50 °С;

— топливная аппаратура с высотным корректором, обеспечивающая работу на высоте до 4500 м;

— герметичный стартер для обеспечения бродоходимости;

— дублирующий пневмостартер.

Создание мощных дизельных двигателей автомобильного типа позволит отказаться от применения на тягачах танковых дизелей с ресурсом 500 ч, значительно уменьшить расход топлива и масла, а также вес и габариты силовой установки.

Ведется разработка двигателя ЯМЗ-855 мощностью 1000 л.с.

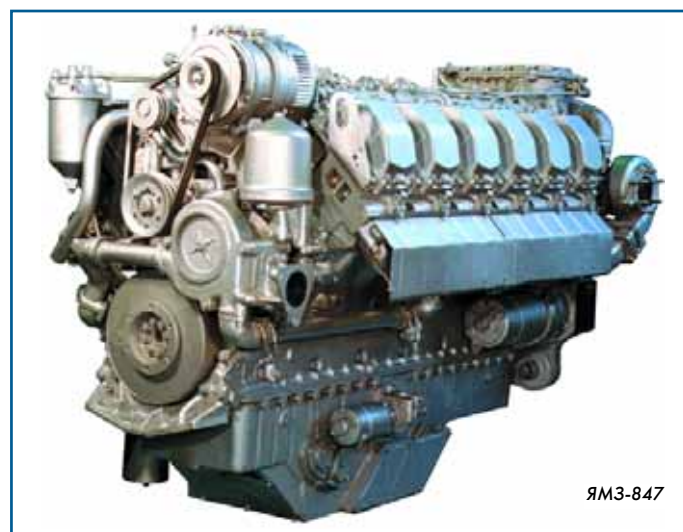
для изделий МО РФ.

С увеличением спроса на малотоннажные автомобили ОАО "Автодизель" совместно с ОАО "ЗМЗ" (Заволжье) создает новое поколение дизельных двигателей малой размерности, которые в России и странах СНГ в настоящее время не производятся. В семейство этих двигателей входят рядные 3-, 4-, 5- и 6-цилиндровые модели с рабочим объемом 3...6 л и мощностью 60...240 л.с. Кроме этого предусматривается дальнейшее их конструктивное развитие, в частности, модификация 8VH мощностью до 320 л.с.

Базовой моделью этих транспортных дизелей является ЯМЗ-460 мощностью 170 л.с. при 2400 об/мин и массой до 400 кг. Для двигателей разработана принципиально новая система топливоподдачи индивидуальными секциями высокого давления (до 1700 кгс/см²) "столбикового" типа с электронным управлением на каждый цилиндр. Конструкция двигателя обеспечивает выполнение норм по экологии EURO-III. Применение электронной системы управления позволит обеспечить и более жесткие нормы по экологии (EURO-IV). Проводятся стендовые и эксплуатационные испытания опытных образцов. В 2000 г. будут изготовлены 3-, 4- и 6-цилиндровые двигатели из этого семейства.

Параллельно ведется разработка двигателей нового семейства размерностью 130x150 мм в 4-, 6- и 8-цилиндровом исполнении мощностью 280...600 л.с.

Одновременно, совершенствуя двигатели собственного производства и разрабатывая новые конструкции дизелей, ОАО "Автодизель" постоянно оказывает активную помощь Владимирскому тракторному заводу, Алтайскому и Рыбинскому моторным заводам, Харьковскому заводу СМД в модернизации их дизельных двигателей.



ЯМЗ-847

Убедительным доказательством высокого уровня ярославских конструкций и профессионализма специалистов завода стали яркие победы автомобилей КамАЗ с двигателями ЯМЗ на престижных ралли-марафонах "Париж-Пекин-95", "Гранада-Дакар-96", "Мастер-ралли-96", "Оптик-2000" (Тунис-97).

АВТОДИЗЕЛЬ®
(ЯРОСЛАВСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД)



AVTODIZEL®
(YAROSLAVSKY MOTORNYY ZAVOD)

DIGEST

The "Avtodiesel" (the Yaroslavl motor-building company or "YaMZ") is the Russian leader in development and manufacturing of multi-purpose diesel engines, couplings and gearboxes. Nowadays, YaMZ is putting into commissioning 230-420 h.p. V-engines of YaMZ-7511 and YaMZ-7601 families. Promising directions of business are developments of natural gas-fueled engines, high-power automobile diesel engines enabling replacement of tank diesel engines used in heavy lorries having limited service life, small diesel engines for compact motor-cars. Brilliant wins of "KamAZ" cars powered by the YaMZ's engines in prestige international races are strong evidences of the YaMZ's high-level technologies and professionalism of its employees.

PROFESSIONALS CHOOSE "YaMZ"

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

БРЯНСКОГО

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Станислав Алейников, главный конструктор ОАО БМЗ, к.т.н.

Лазарь Альшиц, начальник бюро ОАО БМЗ, к.т.н.

На Брянском машиностроительном заводе состоялась презентация судового малооборотного дизеля нового типа. Широкому кругу специалистов российских и зарубежных судоверфей, морских и речных пароходств, проектных и научно-исследовательских организаций судостроения и морского флота продемонстрирован мощный двухтактный дизель 6S50MC-C (6ДКРН50/200) современной "компактной" модификации.

Брянский машиностроительный завод, производитель мощных малооборотных судовых дизелей по лицензии фирмы MAN B&W Diesel A/S (Дания), постоянно отслеживает меняющиеся требования рынка транспортных судов и предлагает отечественным и зарубежным верфям современные модификации главных двигателей.

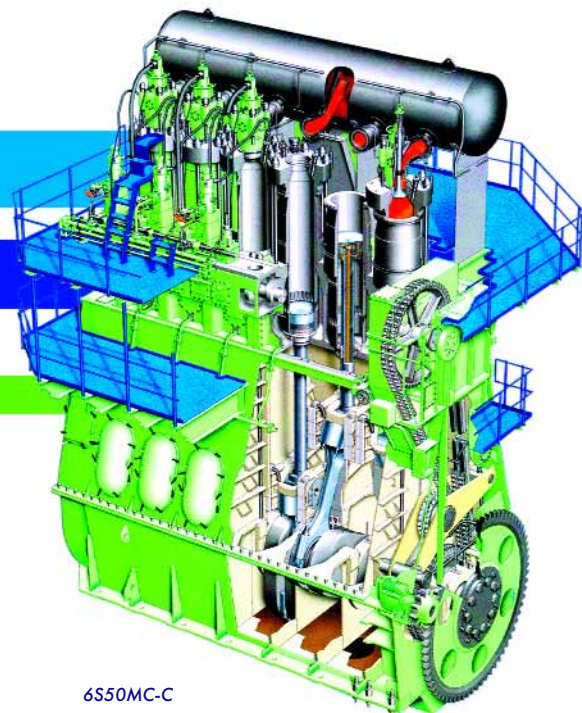
Тенденции развития конструкции малооборотных дизелей во многом определяются мировыми ценами на нефть, ибо стоимость топлива для главного двигателя всегда составляла существенную часть общих эксплуатационных расходов судовладельца. В 70-х и 80-х годах на фоне высоких мировых цен на нефть в судовом дизелестроении наиболее целесообразной стратегией являлось снижение расхода топлива. С учетом указанной тенденции фирмой MAN B&W Diesel A/S была создана гамма высокоэкономичных малооборотных двигателей семейства MC. Брянский машиностроительный завод успешно освоил их производство, выпустив к 1 января 2000 г. для отечественного транспортного флота и на экспорт 180 двигателей различных модификаций с диаметрами цилиндров от 260 до 600 мм. Суммарная мощность изготовленных дизелей MC превысила 2,7 млн кВт.

С падением цен на нефть в 90-х годах акценты в разработках сместились: теперь доминирующими целями при создании новых модификаций двигателей стали надежность, высокая удельная мощность и экологическая безопасность, причем удовлетворение этих требований должно достигаться без ущерба таких качеств, как простота и низкая стоимость изготовления. В ответ на требования рынка были созданы четыре модели двигателей MAN B&W нового поколения MC-C, которые являются компактными версиями предыдущей серии дизелей MC (вторая буква C означает "компактный") с такими же диаметрами цилиндров.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ MC-C

| Характеристика | S46MC-C | S50MC-C | S60MC-C | S70MC-C |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Диаметр цилиндра, мм | 460 | 500 | 600 | 700 |
| Ход поршня, мм | 1932 | 2000 | 2400 | 2800 |
| Отношение ход/диаметр | 4,2 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| Ср. скорость поршня, м/с | 8,3 | 8,5 | 8,4 | 8,5 |
| Ср. эф. давление, бар | 19 | 19 | 19 | 19 |
| Частота вращения, об/мин | 129 | 127 | 105 | 91 |
| Цилиндровая мощность, кВт | 1310 | 1580 | 2255 | 3105 |
| Уд. расход топлива, г/л.с.ч | 126 | 126 | 125 | 124 |

Брянский машиностроительный завод одним из первых среди лицензиатов фирмы MAN B&W освоил выпуск "компактных" двига-



6S50MC-C

телей, и уже в ноябре 1998 г. судостроительному заводу "Адмиралтейские верфи" (Санкт-Петербург) был поставлен головной дизель типа 6S50MC-C спецификационной мощностью 8580 кВт при 127 об/мин (номинальная мощность — 9480 кВт при тех же оборотах). Двигатели первой партии предназначены для строящейся по заказу судоводной компании Lucoil Arctic Tankers серии танкеров арктического плавания с гребным винтом регулируемого шага, при котором изменение мощности главного двигателя во всем диапазоне эксплуатационных режимов происходит при постоянной частоте вращения. Результаты стендовых испытаний головного двигателя подтвердили соответствие характеристик расчетным значениям.

Обращает на себя внимание, что по удельному расходу топлива (124 г/л.с.оч. при нагрузке 75...80 % от номинальной) новый двигатель не уступает предшествующей модели поколения MC, а по другим важнейшим показателям имеет определенные преимущества, поскольку он на 10 % короче, на 10 % легче и на 10 % мощнее прототипа.

Длина главного двигателя является сегодня одним из важнейших установочных параметров для судоверфи, так как ее уменьшение высвобождает полезный объем для грузовых помещений. Важным параметром является также высота, необходимая для переборки двигателя (с учетом необходимости выемки поршня). Хотя на новых двигателях MC-C ход поршня увеличен, высота переборки осталась практически прежней (как у MC), что стало возможным благодаря введению укороченного шатуна и крейцкопфа новой конструкции.

Уменьшение габаритов двигателя сопровождалось снижением его общей массы: компактный двигатель весит 210 т (против 238 т у прототипа), что соответствует удельной массе 16,3 кг/л.с. (22,2 кг/кВт). Впрочем, экономия металла (т.е. снижение производственных затрат) являлась лишь одной из целей при создании компактных двигателей. Не менее важным, как говорилось выше, считалось повышение их надежности и мощности, потребовавшее серьезной модернизации дизеля.

Компоненты остова двигателя подверглись усовершенствованию с точки зрения жесткости и прочности. Основное новшество в конструкции остова — двойные анкерные связи: традиционная сквозная анкерная связь с каждой стороны от продольной оси двигателя заменена двойными короткими анкерами, крепящимися в верхней части фундаментной рамы. Благодаря этому уменьшились деформации расточки рамовых подшипников и направляю-

щих крейцкопфа, упростилась сварка деталей остова и литье постелей рамовых подшипников.

Использование цилиндрических втулок "тонкого" типа позволило оптимизировать распределение температур по их рабочей поверхности, что ограничило "холодную" кислотную коррозию и обеспечило сохранение щелочных свойств цилиндрического масла, вследствие чего уменьшился износ цилиндров.

Новая конструкция поршня с высокой верхней частью и расположением колец на более холодном участке поршня и цилиндрической втулки положительно влияет на состояние цилиндра, поскольку обеспечивает снижение тепловой нагрузки на кольца и улучшение их рабочих характеристик. Кроме того, такая конструкция поршня позволяет снизить термическую нагрузку на цилиндрическую втулку. Пик нагрузки воспринимается теперь стальной ци-

удельный расход топлива с равномерной и низкой термической нагрузкой на компоненты камеры сгорания.

Появление форсунок с распылителями "mini-sac" вписывается в важное направление современной тенденции развития судовых двигателей — обеспечение их экологической лояльности. Как известно, в соответствии с циркуляром Международной организации судоходства (ИМО) главные двигатели судов с датой закладки киля после 1 января 2000 г. подлежат обязательной экологической сертификации на предмет соответствия их международным нормам, ограничивающим содержание в выпускных газах токсичных компонентов, загрязняющих окружающую среду. Наибольший ущерб природе наносит выброс в атмосферу образующихся при сгорании топлива окислов азота NO_x . Их предельное содержание в выхлопных газах дизелей с частотой вращения до 130 об/мин ог-

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЯ 6S50MC-C ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ▶

линдрической крышкой, обладающей более высокой термической стабильностью, чем чугунная цилиндрическая втулка.

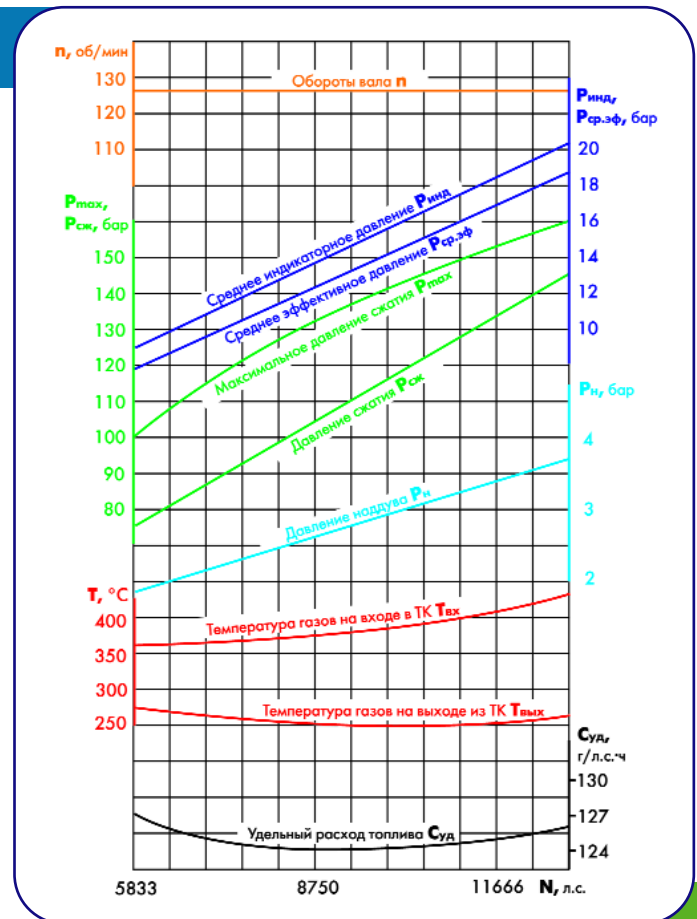
Серьезным шагом на пути повышения надежности цилиндропоршневой группы компактного двигателя явились два нововведения:

- новое приработочное покрытие, наносимое на рабочую поверхность колец, которое обладает высокой износостойкостью и хорошими уплотняющими свойствами, позволяет ускорить приработку без ограничения на это время нагрузки двигателя;
- патентованное верхнее поршневое кольцо с газонепроницаемым уплотнением на торцевом стыке и калиброванными канавками, обеспечивающими управляемый перепад давления на пакете поршневых колец и снижение термической нагрузки на второе кольцо.

Уменьшение межцилиндрового расстояния с 890 (у прототипа) до 850 мм, наряду с увеличением диаметров шеек коленчатого вала, продиктованным ростом мощности, привело к существенному повышению жесткости и прочности конструкции двигателя. В результате, несмотря на увеличение максимального давления в цилиндре, удалось существенно уменьшить несоосность шеек коленчатого вала при работе двигателя и тем самым снизить давление на кромках подшипников.

Что касается непосредственно самих подшипников коленчатого вала, то на "компактных" двигателях все они имеют современную тонкостенную конструкцию с применением вместо баббита более прочного малочувствительного к температуре оловяноалюминиевого сплава, содержащего 40 % олова. Этот материал хорошо зарекомендовал себя на других двигателях и всегда успешно применялся для повышения надежности рамовых подшипников, когда не удавалось выявить причины неполадок.

Нововведения в топливной аппаратуре двигателя коснулись, главным образом, топливной форсунки, вернее одного из ее компонентов — распылителя. Изменения ориентированы, прежде всего, на повышение полноты сгорания с целью снижения содержания вредных веществ в выпускных газах. Отличительная особенность нового распылителя — уменьшенный объем расположенного в нем "мешочка", заполняемого топливом (условное название — распылитель типа "mini-sac"), который составляет всего около 15 % от объема, типичного для обычного распылителя. Меньший объем "мешочка" оказывает положительное влияние на чистоту сгорания, особенно на малых и средних нагрузках. Новый распылитель имеет отличное от стандартного расположение сопел и является низкоэмиссионным, т.е. он оптимизирован по эмиссии окислов азота NO_x . Его конструкция обеспечивает малый



ограничено величиной 17 г/кВт·ч, а для двигателей с частотой вращения 250 об/мин предельный уровень NO_x составляет 14,9 г/кВт·ч.

Длительные экологические сертификационные испытания одного из серийных дизелей 6S50MC-C, проведенные в 1999 г. на БМЗ под наблюдением Российского Регистра Судоходства и при технической поддержке фирмы-лицензиара MAN B&W Diesel A/S, подтвердили, что двигатель с низкоэмиссионными распылителями топливных форсунок удовлетворяет требованиям ИМО и не нуждается в каких-либо специальных мерах по снижению эмиссии окислов азота.

Таким образом, Брянский машиностроительный завод освоил выпуск нового поколения современных "компактных" судовых дизелей. На очереди — новые модели этой серии: уже ведется подготовка производства двигателя 6S60MC-C (6DKPN60/240) номинальной мощностью 13530 кВт при 105 об/мин.

DIGEST

NEW GENERATION OF SHIP ENGINES MANUFACTURED BY BRUANSK MACHINE-BUILDING COMPANY

The Bryansk Machine-Building Co., a manufacturer of powerful low-speed ship diesel engines under the license of "MAN B&W Diesel A/S" (Denmark), is continuously keeping up with inconstant requirements to transport ships and offers up-to-date modifications of main engines to foreign and Russian shipyards. Recently, there was a presentation of a new low-speed "compact" modification of a diesel engine dubbed as 6S50MC-C (6DKRN50/200) distinguished by reduced dimensions and weight, increased reliability and improved ecological characteristics.

РОКОВОЙ

ОШИБКЕ — ВЕК

Юрий Свиридов,
главный научный сотрудник
С.-Петербургского ГТУ,
профессор, д.т.н.



Проблема экологической безопасности приобрела в наше время исключительную остроту: доля токсичных веществ, выбрасываемых автотранспортом, превысила 60 % всех выбросов промышленности.

Между тем поршневой двигатель, как наиболее экономичный и динамичный, незаменим. В течение последних 35 лет решение проблемы основывалось на каталитической нейтрализации выхлопных газов посредством доокисления оксидов углерода CO и углеводородов CH. При этом произошло "подчинение двигателя требованиям нейтрализатора". В эти же годы освоить в России нейтрализаторы в производстве не позволили экономические и технические трудности, а вследствие этого возникла терпимость к загрязнению атмосферы. Совершенно очевидно, что одномоментно совершить технический скачок, связанный с "поголовным" оснащением автомобильных двигателей нейтрализаторами, в России невозможно, поэтому возник вопрос: что делать?

Продукты неполного окисления углеводородов образуются при горении вследствие неудовлетворительного смешения бензина с воздухом. Поскольку горение в пламени происходит только в газовой фазе при прямом взаимодействии молекул углеводорода и кислорода, жидкие частицы бензина, которые в большом количестве поступают в двигатель, не участвуют в процессе горения, а лишь порождают сажу, смолы и канцерогены. Несовершенство смесеобразования особенно проявляется на городских режимах — холостом ходу, малых нагрузках и переходных режимах, при пуске и прогреве. Именно эти режимы нормируются по токсичности и расходу топлива. Несмотря на значительные конструкционные и технологические усовершенствования двигателей, сложилось общее мнение, что устранить токсичность отработавших газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в принципе невозможно.

Достигнутый технический прогресс по нейтрализации выхлопа позволил решить экологические проблемы XX века. Но... только XX, ибо принцип "лечить следствие, а не причину", т.е. неумелую организацию смесеобразования в двигателе, непродуктивен. Для "ДВС-XXI" единственно правильной концепцией является рациональная организация теплового цикла с предотвращением зарождения в камере сгорания продуктов неполного окисления, хотя до последнего времени весь мир отрицал такую возможность.

Трудность решения этой задачи связана с тем, что для теплового процесса ДВС характерны две особенности:

- циклический, в принципе неустановившийся, характер горения;
- резко переменные режимы работы.

Природа горения в ДВС на порядок сложнее, чем в стабили-

зированной факеле. А быстротечность самой "вспышки", да еще в условиях переменных температур, давлений, объемов — дополнительно осложняет исследование крайне динамичного процесса смесеобразования, воспламенения и распространения пламени. Возможно, именно эти сложности существенно ограничили фундаментальные исследования процессов, происходящих в камере сгорания ДВС, и не позволили открыть способ организации экологически чистого горения.

Однако сложившееся положение ставит перед российским автостроением задачу во что бы то ни стало найти доступный, оптимальный и независимый путь решения экологической проблемы путем организации в поршневом двигателе предельно эффективного процесса сгорания бензина. Для этого надо по-новому проанализировать физические основы теплового процесса с учетом специфических условий их протекания в тепловом двигателе. К счастью, именно в России велики и приоритетны достижения теории горения, созданной блестящими исследованиями академика Н.Н. Семенова и его учеников в Институте химической физики. Ими была сформулирована принципиально новая модель турбулентного горения в поршневом двигателе, объясняющая природу явления и его особенности с позиции теории нестационарных физических процессов. Удалось обнаружить, что именно в поршневом двигателе в фазе горения создаются практически оптимальные условия для форсированного распространения огневого фронта с быстрым и своевременным сгоранием, свойственным циклическому процессу и крупномасштабному турбулентному ускорению пламени. Это означает, что в поршневом двигателе есть необходимые

и достаточные предпосылки для организации оптимального процесса горения, но при выполнении трех неперемных условий:

1. Горючая смесь должна быть гомогенной, т.е. каждая молекула углеводорода должна быть персонально "запитана" требуемым количеством молекул кислорода. Для этого необходимо полное испарение бензина.

2. Горючая смесь должна формироваться с некоторым избытком кислорода (так называемые "бедные смеси") с тем, чтобы все молекулы топлива (включая "тяжелые") получили "кислородное обеспечение", достаточное для завершения процесса окисления углеводородов до CO_2 и H_2O во фронте пламени.

3. Процесс распространения пламени в камере сгорания из-за изменения интенсивности турбулентности по циклу должен развиваться в определенной фазе, при которой эта интенсивность максимальна.

Третье условие выполняется посредством электронной оптимизации угла опережения зажигания, компенсирующего изменение задержки формирования пламени так, чтобы фаза основного горения начиналась за 10° до верхней мертвой точки.

Второе условие обеспечивается регулировкой на всех режимах величины топливopодачи на оптимально обедненный состав смеси (стехиометрический коэффициент $\alpha \sim 1,25...1,35$), соответствующий минимальным значениям удельного расхода топлива и интегральной токсичности выхлопа. В память электронного блока закладывается программа изменения длительности впрыска в зависимости от частоты вращения и нагрузки.

Первое из указанных условий требует дозированного подвода теплоты к молекулам всех углеводородов с тем, чтобы из них образовался газ. При этом не допускается химическая деструкция. Такой процесс требует "насыщения" бензина теплотой, равной приблизительно 140 ккал/кг, которая составляет $\sim 1\%$ теплоты сгорания в двигателе, или $\sim 3\%$ теплоты отработавших газов в выхлопном коллекторе. Только целенаправленный теплоподвод с обеспечением выкипания каждого углеводорода может стать базой для обеспечения 100-процентного и "квазимгновенного" испарения.

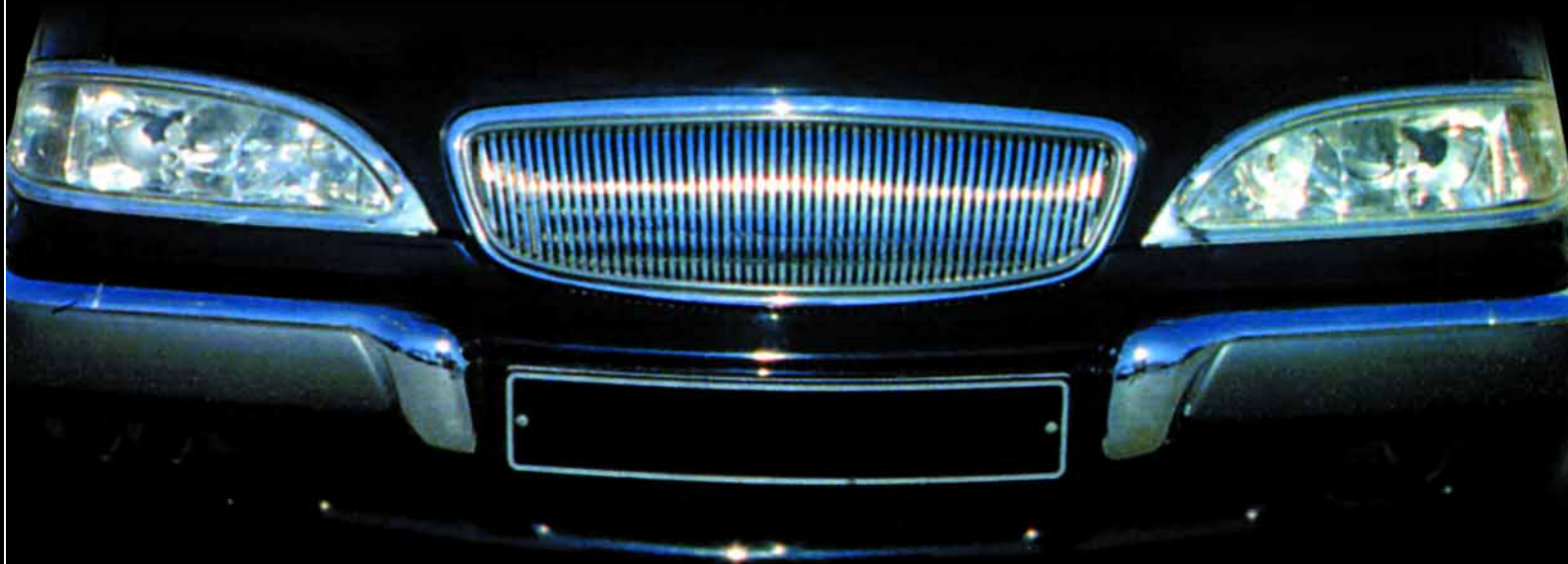
Между тем в бензиновых двигателях это правило полностью игнорируется в течение всего XX века: топливо распыляется в холодном воздушном потоке. При этом предполагается, что бензин испарится "сам по себе" и как-то насытит своими парами всасываемый воздух. Этот принцип "на авось" странен. Ибо, во-первых, температуры бензина и воздуха близки, и, во-вторых, они далеки от температур кипения всех фракций бензина, при которых последние выкипают интенсивно и полностью. Кроме того, плотность воздуха приблизительно в 1000 раз меньше плотности бензина, теплоемкость воздуха мало, да и теплообмен не эффективен, даже в турбулентной среде. Поэтому воздух просто неспособен снабдить частицы бензина необходимой теплотой. Нагрев всасываемого воздуха

мало изменяет ситуацию. Нагрев же стенок всасывающего коллектора при распылении бензина в потоке влияет только на сконденсировавшуюся на стенках "лужу". Так что распыление бензина в воздухе — худший принцип смесеобразования.

Такой процесс "лжесмесеобразования" (по существу за счет собственной энтальпии, т.е. с переохлаждением остатков капель), господствует в ДВС весь XX век! Эта же картина сохраняется и в двигателях с системами впрыска бензина.

Таким образом, из трех обязательных условий экологически чистого и высокоэкономичного горения в ДВС одно из них — гомогенизация заряда — никак не выполняется, и в двигатель поступает двухфазная смесь со случайным соотношением жидкой и газовой фаз. Эффективный же тепловой процесс наступает только при 100-процентном испарении бензина! Известно, что двухфазный поток (так называемая область Ван-дер-Ваальса) распространяется от жидких частиц в паровой среде до паровых пузырьков в жидкости. В супердинамичных условиях поршневого двигателя состояние двухфазной смеси не поддается оценке, что не позволяет прогнозировать качество смешения. Тем более, что жидкие частицы движутся в потоке по иным законам, нежели воздушно-паровой поток, из-за чего характеристики процессов поступления в цилиндры воздуха и бензина резко различны, особенно в динамике. В результате в цилиндрах сильно возрастает разброс смеси по составу, что приводит к нарушению условий поджигания смеси и даже срыву рабочего процесса. Жидкая частица гореть эффективно не может (только с поверхности и крайне медленно, в диффузионном режиме) и, попадая в пламя, она претерпевает термическую молекулярную деструкцию ("процесс коксования без доступа воздуха") с образованием сажи, смолистых и канцерогенных веществ, практически без тепловыделения. Наличие в камерах сгорания двигателей жидких частиц является главной причиной возникновения самых токсичных тяжелых углеводородов, концентрация которых из-за трудностей измерения пока не нормируется.

В гомогенной же смеси токсичность продуктов сгорания возможна только на переобогащенных топливом смесях ($\alpha < 1$) из-за дефицита кислорода. В этом случае реакция цепного окисления тяжелых молекул СН задерживается на оксиде углерода СО или на ряде недоокисленных углеводородов СН. По мере обогащения смеси возрастает дефицит O_2 , так что теоретически при $\alpha = 0,8$ в продуктах сгорания содержится около 6% СО, а выбросы СН характеризуются значением 300 ppm. Сгорание обедненной смеси характеризуется исчезновением выбросов СО и уменьшением выбросов NO_x (относительно максимального значения при $\alpha = 1,05$). Обедненные смеси имеют лучшие термодинамические свойства рабочего тела вследствие большего содержания двухатомных газов O_2 и N_2 в продуктах сгорания. Можно ожидать, что в гомогенной смеси обеднение на 25...35% будет оптимальным и по интегральной токсичности, и по удельному расходу топлива. Поддержание молекулярной смеси в пре-



делах $\alpha = 1,25...1,35$ на всех нагрузках (кроме полной) решает экологическую проблему автомобильных двигателей.

Единственной проблемой создания "экологичного ДВС" является разработка технологии формирования гомогенной смеси в процессе всасывания и полного устранения жидких частиц. В частности, необходимо обеспечить требуемые температурные характеристики теплопотока к жидкому бензину и не допустить молекулярную деструкцию бензина. В то же время процессы испарения и смешения должны быть сверхбыстрыми, укладывающимися по времени в длительность рабочего цикла. Только выполнение этих условий позволит двигателю работать при оптимальном смесеобразовании даже на переходных режимах.

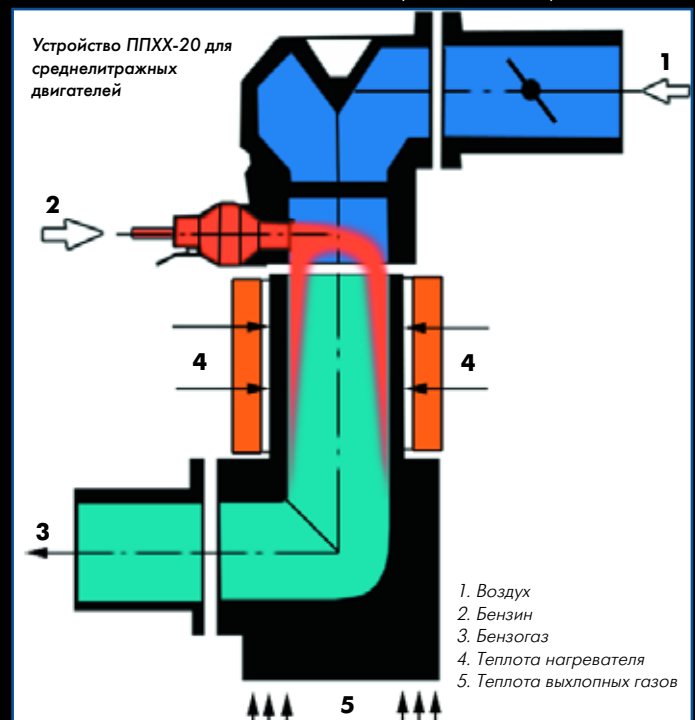
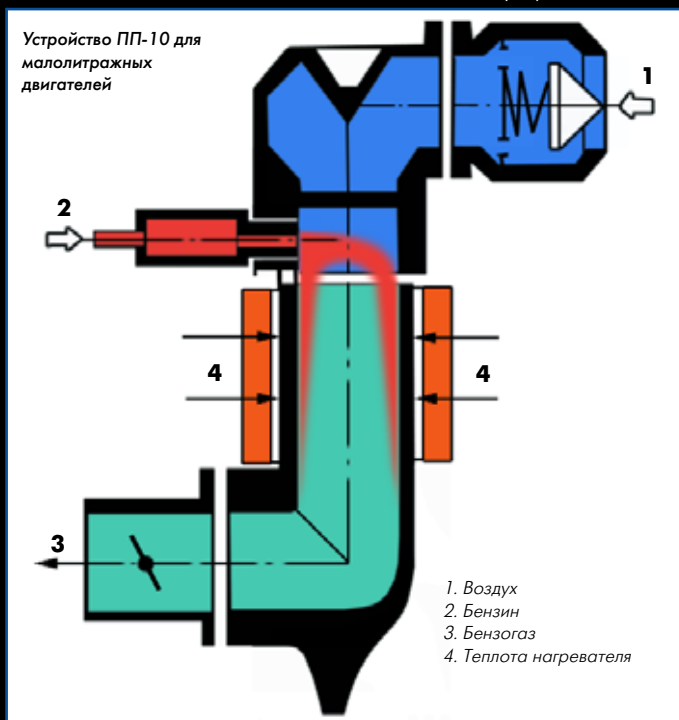
В Санкт-Петербургском государственном техническом университете (СПбГТУ) удалось решить весьма сложную, трудно поддававшуюся пониманию проблему "теплого смесеобразования в ДВС" с образованием идеального рабочего тела — "бензогаза". В основе нового физического процесса лежат явления микропленочного теплообмена и молекулярно-диффузионного кипения сложных жидкостей (именуемое "С-процесс ДВС"), когда одновременно испаряются все фракции бензина. Это фундаментальное физическое явление удалось использовать в конструкции "Устройство молекулярного смесеобразования ДВС". В этих "генераторах гомогенного бензогаза" бензин непрерывно испаряется в режиме кипения всех фракций, при этом всасываемый воздух насыщается их сухими парами в газовой фазе, а возможные жидкие частицы полностью "отлавливаются". Образовавшийся однородный сухой бензогаз тотчас же поступает в цилиндры двигателя. Он не конденсируется, а равномерно распределяется по цилиндрам, эффективно воспламеняется искрой и своевременно сгорает, сохраняя чистоту свечей, масла, зеркала цилиндров и поверхностей камеры сгорания. При этом уменьшается теплоотдача в воду. Иначе говоря, перевод двигателя на питание бензогазом позволяет устранить основ-

ные проблемы ДВС, предельно снизить расход топлива и токсичность выхлопа в результате своевременного, быстрого, полного горения. Длительные опыты с двигателями, работающими на бензогазе, подтвердили теоретические положения молекулярного смесеобразования, реальность осуществления надежного питания двигателя бензогазом и максимальную эффективность нового теплового цикла "С-процесс ДВС".

В интересах практической проверки выдвинутой идеи в СПбГТУ создан экспериментальный образец двигателя с идеальным рабочим телом — бензогазом, использующий теплоту выхлопных газов для испарения бензина, серийную систему питания и электронную оптимизацию на обедненный состав смеси (на $\alpha \sim 1,25...1,35$). Бензин от подкачивающего насоса поступает в испарительное устройство через электромагнитный дозатор, управляемый электронным блоком, и смешивается в парообразном состоянии с воздухом, поступившим через дроссельный патрубок. Поскольку образуемая смесь гомогенна и не конденсируется, то двигатель четко управляется по алгоритму, заложенному в память электронного блока. Оптимальный состав смеси поддерживается не только на стационарных, но и на переходных режимах вследствие квазимгновенного смесеобразования при "С-процессе". Поэтому отпадает потребность в таком устройстве, как ускорительный насос. На нагрузках свыше 30 % Ne_{max} к бензогазогенератору подключается карбюратор с сохраненными характеристиками дозирования.

Опыты показали, что без каких-либо изменений в конструкции двигателя достигается рабочий цикл с быстрым, полным и своевременным сгоранием, приближающийся к термодинамическому циклу Отто. Создано несколько устройств, в т.ч. для режимов "пуск-прогрев" и "пуск-прогрев-холостой ход" для малолитражных и среднелитражных двигателей.

Завершение создания "ДВС-С-XXI" в России для отечественных двигателей возможно уже в самом начале следующего века, поскольку реализация "С-процесса ДВС" не потребует больших инвестиций, сложных технологий и дефицитных материалов.



DIGEST

A FATAL MISTAKE WAS MADE A CENTURY AGO

The problem of ecology friendly motor-cars has been solving for the last 35 years by catalytic neutralization of exhaust gases with the help of post-oxidation of CO and CH. This decision was made because the principle requirement to fuels could not be met: combustible mixture should be homogeneous, i.e. every molecule of hydrocarbon should be provided with exact amount of oxygen molecules. Also, full fuel vaporization is required. The St.Peterburg's State Technical University managed in solving the problem of "high-temperature fuel mixing in internal combustion engines" and produced ideal working mass - "benzogas". The basis for this new physical process is 2 phenomena: a) thin film heat and mass transfer; b) molecular-diffusion boiling of compound liquids (dubbed as "S-process in ICE") when all fractions of benzene simultaneously evaporate. This fundamental physical phenomenon successfully found application in "Molecular Mixing Device". Benzene continuously vaporizes in these "generators of homogeneous benzogas" at boiling regime for all fractions and intake air is saturated with dry vapors.

ПОКА НЕТ "РЕВОЛЮЦИОННОГО" ДВИГАТЕЛЯ

Энергетика автомобильного транспорта сегодня базируется на поршневом двигателе внутреннего сгорания. Этот двигатель изобретен давно, и сегодня две его модификации, использующие в качестве топлива бензин и дизельное топливо, заполнили весь мир.

Следует ожидать, что в ближайшем будущем произойдет увеличение количества двигателей, использующих газовое топливо — сжатый природный газ, а также продолжатся разработки по применению водорода. Однако использование водорода лишено перспектив до тех пор, пока источником его получения является нефть. Все известные сегодня источники энергии, применяемые на автомобилях, уступают поршневому двигателю по эффективности и экономической целесообразности. У нас слишком мало электроэнергии, чтобы всерьез говорить об электромобилях. Гибридный автомобиль — паллиатив, не решающий принципиальных вопросов, он сложен по конструкции и уступает по ряду технико-экономических показателей автомобилю с поршневым двигателем (например, по массе). Использование солнечных батарей в качестве источников энергии для электромотора автомобиля ставит возможность его эксплуатации в зависимости от погоды. Кроме того, такие машины дороги в производстве.

Не отрицая возможности появления некоего "революционного" двигателя, все же можно с уверенностью считать, что поршневой двигатель сегодня и в ближайшем будущем конкурентов не имеет. Следовательно, фронт исследовательских работ в этой области следует разворачивать, сосредоточив наибольшее внимание на двигателях, работающих на газовом топливе: сжатом природном газе, водороде, диметиловом эфире или синтез-газе.

Необходима государственная программа работ в области двигателестроения с акцентом на газификацию. Именно в этом заключается решение проблемы улучшения экологических характеристик автомобиля. Моторостроительные заводы должны начать соответствующие работы. Однако приходится встречаться с точкой зрения, что-де лучше купить готовый двигатель в дальнем зарубежье и ограничиться только сборкой автомобиля. Недальновидность такой точки зрения очевидна: ни одна зарубежная фирма не продаст нам двигатель "сегодняшний", а тем более "завтрашний", это будет всегда двигатель "вчерашний". В этом случае отечественное двигателестроение обречено на вымирание, что и происходит в отечественной промышленности.

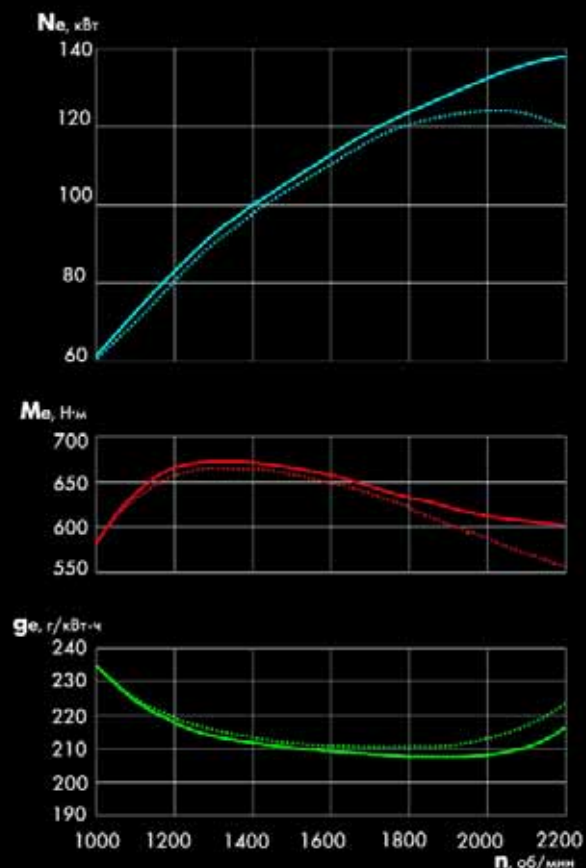
В настоящее время МАДИ, НАМИ, ОАО "КАМАЗ" и "ЛИАЗ" совместно с эксплуатантами автомобильной техники проводят НИОКР по проблеме конвертации в газовые дизельных двигателей КамАЗ-740.10. Они предназначены для автобусов, коммунальных и транспортных автомобилей, удовлетворяющих перспективным нормам по токсичности отработавших газов.

Преимуществами газового двигателя по сравнению с дизелем являются:

- уменьшение выбросов газообразных вредных веществ и твердых частиц, отсутствие в выбросах соединений серы, существенно меньшем выбросе CO_2 ;
- снижение шумоизлучения на 3...6 дБ;
- полное замещение дефицитного дизельного топлива;
- повышение срока службы и моторесурса;
- увеличение срока эффективной эксплуатации нейтрализаторов отработавших газов.

В ГНЦ РФ НАМИ проводятся доводочные дорожные испытания городского автобуса ЛиАЗ-5256 с газовым двигателем

КамАЗ-74119.10 в условиях Москвы. В ходе испытаний выявилось, что для получения мощности, одинаковой с мощностью базового двигателя КамАЗ-740.10, необходимо снизить коэффициент избытка воздуха до $\alpha = 1,1...1,2$. Это привело к резкому увеличению концентрации NO_x в отработавших газах. Увеличение коэффициента избытка воздуха позволило уменьшить концентрацию окисей азота на режимах полного дросселя, но одновременно уменьшились мощность и крутящий момент двигателя. В качестве одного из способов решения проблемы предложен впрыск воды на режимах полного открытия дроссельной заслонки.



Другим способом удовлетворения экологических требований при сохранении высокой мощности двигателя может стать внедрение турбонаддува. Предварительные замеры токсичности отработавших газов двигателя с турбонаддувом показывают, что при работе на режиме полного открытия дроссельной заслонки с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,42$ концентрация NO_x существенно снижается. При этом получены высокие мощностные показатели ($N_e = 200$ кВт при $n = 2200$ об/мин, $M_{кр} = 1012$ Н·м при $n = 1600$ об/мин).

Приближенные предварительные расчеты указывают на возможность снизить концентрацию NO_x до уровня 4...4,5 г/кВт·ч.

Валентин Луканин, ректор МАДИ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

| Характеристика | Тип двигателя | | | | Нормы EURO-II | Нормы EURO-III |
|-----------------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------|----------------|
| | Дизель КамАЗ-740.10 | Газовый КамАЗ-74119.10 | Газовый КамАЗ-74119.10 | Газовый с турбонаддувом | | |
| Мощность, кВт | 140 | 121 | 140 | 200 | — | — |
| Коэф-т избытка воздуха | — | 1,32...1,33 | 1,1...1,2 | 1,42 | — | — |
| Выбросы CO, г/кВт·ч | 4,1 | 1,94 | 1,83 | 1,5 | 4,0 | 2,1 |
| Выбросы CH, г/кВт·ч | 3,4 | 2,6 | 1,78 | 1,09 | 1,1 | 0,66 |
| Выбросы NO _x , г/кВт·ч | 15 | 7,0 | 12,3 | 4,5 | 7,0 | 5,0 |
| Выбросы частиц, г/кВт·ч | 0,4 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | 0,15 | 0,1 |

ШАНС

АОЗТ "ИнтеллектАвто - НИЦ ЦИАМ":

Юрий Никитин,

главный инженер, к.т.н.

Сергей Коротеев,

главный конструктор, к.т.н.

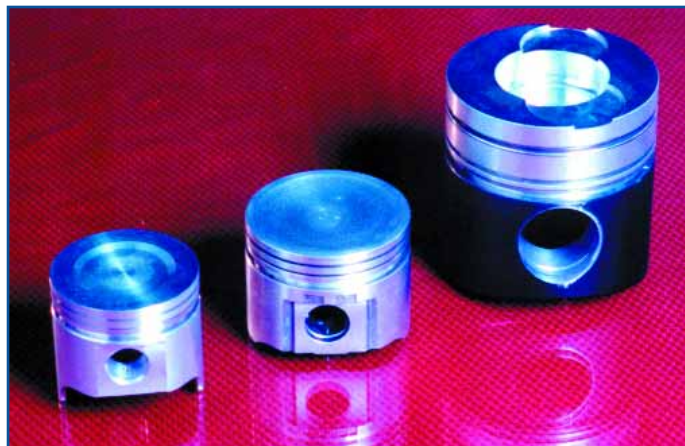
Петр Перстнев,

технический директор, к.т.н.

ДЛЯ РОССИЙСКОГО ДВИГАТЕЛЯ

АОЗТ "ИнтеллектАвто – НИЦ ЦИАМ" специализируется на наукоемких разработках и прогрессивных технологиях, направленных на улучшение параметров двигателей внутреннего сгорания. Совместно с Институтом металловедения и физики металлов ЦНИИЧермет им.И.П. Бардина, КамАЗом, Заволжским моторным заводом проводятся работы по внедрению новейших технологий в автомобилестроение. Уже начато производство поршней методом "жидкой" штамповки. Подготовлен пилотный образец безинерционного термостата с термоэлементом из металла с памятью формы и освоено производство корпусных термодатчиков в системе электронного управления, а также дефлекторов, пружин, поддонов из стали высокого демпфирования.

Как показали исследования, обеспечение высокой экономичности, снижение токсичности отработавших газов и шума, а также повышение динамики автомобиля и сокращение времени прогрева двигателя в значительной мере зависят от правильного выбора конструкции поршня, величины диаметральных зазоров и мест расположения поршневых колец.



Создание совершенного двигателя возможно только при доскональном изучении физики протекающих в нем процессов, моделировании локальных температурных полей, деформаций и напряжений в наиболее ответственных деталях и узлах. При конструировании поршней помимо того также необходимы обширные экспериментальные исследования толщины масляного слоя в цилиндро-поршневой группе ДВС. Только такой научный подход позволяет совершенствовать технологические процессы, внедрять новые методы и разработки, обеспечивать постоянно растущие требования по качеству.

Так, например, давно известен метод "жидкой" штамповки поршней, позволяющий не только заметно увеличить их усталостную прочность, но и повысить коррозионно- и износостойкость, снизить уровень термических напряжений, а также уменьшить массу. Данная технология используется японской автомобилестроительной фирмой UBE и международной группой T&N. Уже в 1990 г. на на специальных линиях завода T&N "жидкой" штамповкой было изготовлено более 1 млн поршней для автомобилестроителей Америки и Европы.

АОЗТ "ИнтеллектАвто", сотрудничая с ведущими организациями, также выбрало ориентацию на применение жидкоштампованных поршней. Причем отечественная технология "жидкой" штамповки имеет ряд преимуществ по сравнению с зарубежной, а ее внедрение позволяет использовать универсальное гидропрессовое оборудование российского производства и обеспечивает:

— снижение инвестиционных затрат в 3...4 раза;

— сокращение цикла освоения производства и выхода на проектную мощность;

— локальное упрочнение наиболее нагруженных участков поршня;

— замену дорогостоящих нирезистовых вставок на керамические (используется технология, разработанная при создании системы "Буран").

Причем последующая механическая обработка поршней не требует дорогостоящих металлообрабатывающих линий и основана на оригинальной технологии, использующей универсальное отечественное оборудование.

Для обработки сложной овально-бочкообразной формы наружной поверхности поршней используется специализированное оборудование, монтируемое на универсальных токарных станках с ЧПУ. Рабочее место оснащается ПЭВМ, обеспечивающей быстрое перепрограммирование на другую форму поверхности. Такая схема гарантирует высокую стабильность получения заданных размеров деталей, позволяет уменьшить диаметральные зазоры в сопряжении, снизить массу и существенно сократить затраты.

Применение высоких технологий и эффективных методов обработки при изготовлении поршней в конечном итоге привело к снижению вредных выбросов и улучшению характеристик двигателей.

По заключению дмитровского Центрального автополигона (протокол № 19-98) применение жидкоштампованных поршней на двигателе КамАЗ-740 привело к снижению: дымности отработавших газов на 11 единиц шкалы Хартриджа, выбросов окиси углерода с отработавшими газами на 8,4 %, углеводородов на 13,3 %, а частиц на 12 %. Для выполнения экологических норм EURO-3 (вступающих в силу с 1 января 2000 г.), особенно по выбросу частиц, в первую очередь необходимо конструктивно доработать детали цилиндро-поршневой группы. Этому требованию могут удовлетворить жидкоштампованные поршни, имеющие (при нормальной и повышенной температурах) характеристики на 20...30 % выше, чем при литье

| Показатели | Дизельный двигатель КамАЗ-7402 (180 кВт при 2600 об/мин) | Карбюраторный двигатель ВАЗ-1111 (26 кВт при 5600 об/мин) |
|---|--|---|
| Снижение удельного расхода топлива, г/кВт·ч | На 7,5...8,0 | На 8,0...11,0 |
| Снижение шума, дБ | На 3,4 | На 2,9 |

в кокиль. Отливки, изготовленные литьем с кристаллизацией под давлением имеют твердость на 4...8 %, а прочность в 1,3...1,6 раза выше, чем кокильные. С увеличением давления прессования повышаются плотность, предел прочности и твердость.

Высокие механические свойства заготовок, доработанные профили юбки поршня позволили, в частности, снизить диаметральный зазор по жаровому поясу в цилиндро-поршневой группе двигателя

КамАЗ-740 с 0,65 мм до 0,4 мм, а верхнее поршневое кольцо поднять к днищу на 12 мм. На двигателе ВАЗ-1111, соответственно, был уменьшен зазор с 0,55 до 0,28 мм и кольцо поднято на 4 мм.

Дальнейшее усовершенствование конструкции на базе технологии "жидкой" штамповки предусматривает применение упрочненных керамическими волокнами головок поршней. В технической документации новейших двигателей "КамАЗ" и "ЗМЗ", обеспечивающих требования EURO-2 и -3, закладываются поршни с муллитокремнезёмными головками без нирезистовой вставки. Указанные головки увеличивают прочность на 10...15 %, твердость в горячем состоянии на 10...15 ед. и, что очень важно, повышают в несколько раз износостойкость канавок поршневых колец. Механические свойства заготовок поршней при различном методе изготовления (в том числе из сплава АК-18) представлены в таблице.

| Метод изготовления | Температура испытаний, °С | Предел прочности, МПа | Относительное удлинение, % |
|--|---------------------------|-----------------------|----------------------------|
| В кокиль | 300 | 85 | 1,0 |
| | 400 | 43 | 7,5 |
| Жидкая штамповка | 300 | 107 | 2,7 |
| | 400 | 45 | 7,1 |
| Жидкая штамповка АК-18+20 % муллитокремнезёмистого состава | 300 | 135 | 1,0 |
| | 400 | 63 | 2,8 |

На КамАЗе проведена широкая экспериментальная проверка работоспособности указанных поршней с муллитокремнезёмными головками и принято решение о внедрении.

На величину токсичных выбросов двигателя большое влияние оказывает его тепловое состояние, которое поддерживается термостатом. От правильной работы устройства зависит экономичность, время прогрева двигателя до принятия нагрузки, надежность в экстремальных и переменных режимах работы. Применяемые в настоящее время термостаты с твердым наполнителем (ТУ 37.003.1275-90) имеют ряд существенных недостатков, и в первую очередь недостаточную точность регулирования температуры, низкую надежность и высокую инерционность.

АОЗТ "ИнтеллектАвто — НИЦ ЦИАМ" совместно с Институтом металловедения и физики металлов разработало термостат, термодвижущий элемент которого изготовлен из безгистерезисного сплава обратимой памяти формы на марганцевой основе.

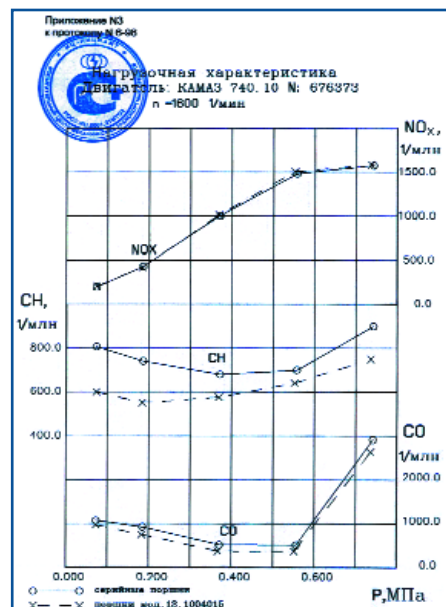


В перспективном двигателе ЗМЗ-301.1 Заволжского моторного завода будут установлены новые поршни

Быстродействие термостата увеличено в 10 раз, что сводит на нет риск перегрева двигателя и выхода его из строя в экстремальных режимах. За счет повышения точности регулирования температуры сокращается

время прогрева двигателя на 30...40 %, а отсутствие в конструкции резиновых деталей, увеличивает его долговечность в 2...3 раза. Конструкция термостата обеспечивает высокую надежность и позволяет легко производить профилактический осмотр и, при необходимости, ремонт.

В настоящее время на промышленных модулях "ИнтеллектАвто — НИЦ ЦИАМ" выпускается более 60 моделей поршней отечественных и зарубежных двигателей. Так как производство в "ИнтеллектАвто — НИЦ ЦИАМ" сертифицировано, то это дало возможность принять решение совместно с КамАЗом и ЗМЗ об организации учетных точек по конструкторской документации на поршни. Вместе с этими крупнейшими центрами проводится ряд работ по отработке конструкции и технологии изготовления жидкостампованных поршней с упрочнением зоны камеры сгорания керамическими волокнами. Разработки в этом на-



правлении совместно патентуются, так что в дальнейшем стороны имеют на них равные права. Контракты о поставках с Января 2000 г. жидкостампованных поршней для двигателей "КамАЗ" и "ЗМЗ" находятся в стадии подписания.

АОЗТ "ИнтеллектАвто — НИЦ ЦИАМ" приглашает всех заинтересованных в создании на собственной базе литейного участка жидкой штамповки и цеха механической обработки поршней обращаться по телефону: **(7+095) 552-3427**.

DIGEST

"IntellectAvto — NITs CIAM" Ltd. in collaboration with the Institute of Physical Metallurgy and Physics of Metals at Bardin's TsNIIchermet, KamAZ and Zavolzhsk motor-building company introduce advanced aviation technologies in the motor-car engine-building. They have already brought into commercial practice a "liquid" forging process for pistons and made a sample of a sluggishless thermostat with a thermoelement produced from a shape-metal alloy. The Russian technology of "liquid" forging has several advantages as compared with other foreign technologies: 3-4 times decrease in cost; reduced time period of commissioning and gaining design outputs, selective surface hardening of the most loaded areas of the piston, replacement of costly inserts by ceramics (using the technology developed for "Buran" complex). Application of advanced technologies and highly efficient processing techniques in piston manufacturing will eventually decrease harmful engine emissions and improve engine characteristics.

ЛЕГЕНДАРНЫЙ В-2: ТРИ СТРАНИЦЫ СУДЬБЫ

Евгений Zubov

В нынешнем году всемирно известному двигателю В-2, первому специально танковому дизелю в истории, исполняется 60 лет. В соответствии с приказом № 115 Наркомата авиационной промышленности от 5 сентября 1939 г. он был запущен в серийное производство, а спустя три с небольшим месяца — постановлением Комитета Обороны при Совнаркоме СССР от 19 декабря — принят на вооружение в трех модификациях: В-2 для танков типа Т-34, В-2К — для тяжелых танков типа КВ и В-2В — для гусеничных тягачей "Ворошиловец".

СТРАНИЦА ПЕРВАЯ: ПОЧЕМУ ДИЗЕЛЬ?

В силу каких обстоятельств необходимо было в тридцатые годы создавать специально для танковой техники "свой" дизель? Нельзя ли было воспользоваться существовавшими в то время автомобильными и авиационными моторами, производство которых было широко развернуто и вполне отлажено?

Оказывается, нельзя. Как показали исследования, проведенные Московским автомеханическим институтом, двигатели грузовых автомобилей четверть времени эксплуатации работают с 15-процентной нагрузкой, 65 % времени — с нагрузкой 15...75 % и только 10 % времени с нагрузкой, близкой к максимальной (более 75 %). Иными словами, 90 % времени автомобильный "движок" недогружен. В отличие от него режим работы танкового двигателя куда напряженнее: до 30 % времени — на максимальной мощности, до 55 % времени — при нагрузках более 60 % и только 15 % времени — на холостых оборотах и малых нагрузках.

При движении танка по пересеченной местности практически не используется "накат", столь характерный для автомобиля на хорошем шоссе. Более высокий уровень нагрузок вследствие применения гусеничного движителя, как и удары, возникающие при преодолении препятствий, серьезно ужесточают условия эксплуатации танкового двигателя по сравнению с автомобильным. Однако при всех имеющихся недостатках автомобильные моторы на ранних этапах танкостроения нашли довольно широкое применение, особенно на легких танках с относительно невысокими

скоростями движения (так называемых "пехотных" танках, или, точнее, танках сопровождения пехоты).

Предложенная американским конструктором Кристи концепция быстроходного танка (в Великобритании их называли "кавалерийскими") потребовала существенного, в несколько раз, повышения мощности танковой силовой установки. В тридцатые годы легкие бензиновые двигатели мощностью 300...500 л.с., пригодные для указанной цели, производились исключительно для авиации. Танкистам временно пришлось замещать то, что имелось под рукой. Однако авиационные моторы еще в большей мере (по сравнению с автомобильными) отличались от танковых по режимам работы. Преобладающую часть времени полета двигателя бомбардировщика и пассажирского самолета дросселируются до мощности, соответствующей наиболее экономичному расходу топлива. Лишь при взлете из мотора "выжимают все соки", а при снижении его вообще выводят на режим полетного малого газа. Кроме того, авиационный мотор работает в сравнительно комфортных условиях малой запыленности воздуха, практически не испытывая ударных нагрузок (передаваемых от трансмиссии у наземных транспортных средств), при сравнительно нечастых управляющих воздействиях.

И все же, как и в случае с автомобильными моторами, их авиационные собратья на какое-то время приобрели прочную "прописку" на танках, поскольку альтернативы по мощности и удельной массе им не существовало. Дополнительным аргу-

Т-26

БТ-5



ментом служила возможность получения определенной экономической выгоды: ведь на танкостроительные заводы направляли отнюдь не новенькие двигатели, а отлетавшие свое на самолетах, прошедшие переборку, да еще и отрегулированные на несколько меньшую мощность, что положительно сказывалось на моторесурсе.

Некоторые типы танков уже в начале тридцатых годов оснащались специальными, спроектированными именно для этой цели двигателями. Так, на одном из наиболее массовых советских предвоенных танков Т-26 устанавливался одноименный мотор — аналог английского лицензионного карбюраторного двигателя "Армстронг-Сиддли". Однако не прошло и трех лет с начала эксплуатации боевой машины, как он морально устарел, и возникла идея заменить его дизелем.

Следует отметить, что в нашей стране еще в начале тридцатых годов имелся богатый задел в области проектирования и создания двигателей, работающих на тяжелом топливе. Высокая топливная экономичность, низкая пожароопасность, устойчивая радиосвязь между боевыми машинами благодаря отсутствию электроискрового зажигания — все эти преимущества привлекли внимание разработчиков бронетанковой техники. Первые попытки использования дизеля в силовой установке боевых машин относятся к 1917 г., когда Б.С. Стечкин совместно с А.А. Микулиным для "царь-танка" Н.Н. Лебедеико спроектировали двухтактный двигатель АМБС. Однако работы над ним, как и над самой боевой машиной, не были подкреплены материально и продолжения не получили.

В двадцатые годы в группе нефтяных двигателей Научно-исследовательского автотранспортного института (НАМИ) разрабатывались опытные быстроходные дизели "Альфа" (главный конструктор — А.А. Микулин) и ОН-1 (главный конструктор — В.Я. Климов). Развитие дизелестроения в стране диктовалось ускоренным развитием нефтяной промышленности. Так, в постановлении ЦК ВКП(б) от 15 ноября 1930 г. весьма остро ставился вопрос о необходимости рационального использования нефтепродуктов, ускорении перевода транспортных и других машин на использование тяжелого топлива. Иными словами, требовалось срочно найти массового потребителя керосина и газойля, производившихся промышленностью в процессе крекинга нефти одновременно с бензином, но не находивших сбыта.

Наибольших практических успехов в области создания транспортного дизеля в конце двадцатых — начале тридцатых годов добилась группа А.Д. Чаромского. В 1931 г. она представила на рассмотрение Главного управления ВВС проект 12-цилиндрового V-образного четырехтактного двигателя АН-1 (авиационный нефтяной) мощностью 800...850 л.с., а спустя два года провела испытания первого опытного экземпляра авиационного дизеля.

СТРАНИЦА ВТОРАЯ: "АВИАЦИОННЫЕ КОРНИ" В-2

Тогда же, в конце двадцатых — начале тридцатых годов в Германии и США большое внимание уделялось созданию авиационного дизеля. Следует подчеркнуть, что на этот же период пришелся "золотой век" взаимоотношений между отечественной и германской промышленностью, не отягощенной еще приходом к власти нацистов, а наоборот, весьма плодотворный, поскольку обе страны в послевоенное время оказались в почти идентичном состоянии международной изоляции.

Немецкие фирмы получали многочисленные заказы с Востока, развивалось сотрудничество и между военными ведомствами. В отличие от прочих европейцев, настороженно смотревших в сторо-

ну России, американские промышленники довольно охотно сотрудничали с Советским Союзом, надеясь найти здесь огромный рынок сбыта. В середине тридцатых СССР закупил в Соединенных Штатах значительное количество специальных станков, кузнечно-прессовое оборудование, лицензии на производство вполне современных авиадвигателей. Американские компании наперебой предлагали свою продукцию, а журналы всего мира пестрели сообщениями о технических достижениях. Поэтому источников информации о создаваемых быстроходных дизелях хватало.

В нашей стране модное направление в двигателестроении быстро нашло многочисленных сторонников. Помимо группы А.Д. Чаромского, в то время в СССР авиадизелями занимались, по меньшей мере, еще три организации: ленинградский ЦНИДИ, где исследования возглавил Л.И. Мартенс, московский МАДИ (профессор Н.Р. Бриллинг) и харьковский УНИИ ДВС, впоследствии УНИАДИ (Я.М. Майер).

Л.И. Мартенс отдал предпочтение четырехтактному дизелю, имевшему по одному впускному и выпускному клапану на

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТАНКАХ

| Марка танка | Марка двигателя | Мощность, л.с. (кВт) | Год выпуска |
|----------------|-----------------|----------------------|-------------|
| "Русский Рено" | АМО-Ф15 "Фиат" | 34 (25) | 1919 |
| T-27, T-33 | "Форд-АА" | 40 (29) | 1931 |
| T-41 | ГАЗ-АА | 40 (29) | 1932 |
| T-37А | "Форд-АА" | 40 (29) | 1933 |
| T-18М | ГАЗ-М1 | 50 (37) | 1938 |
| T-40 | ГАЗ-11 | 85 (62) | 1939 |



T-34

KV-1

цилиндр. Я.М. Майер также избрал четырехтактную схему, но на начальном этапе занимался отладкой только одноцилиндровых блоков (опробованы и испытаны шесть вариантов). Н.Р. Бриллинг спроектировал и изготовил опытный двухтактный дизель.

Пути использования авиационных дизелей в танкостроении рассматривались специалистами Управления механизации и моторизации РККА. Особенный интерес, связанный с мощностью агрегата и его удельными характеристиками, вызвал вариант Я.М. Майера. В 1931 г. он предложил 12-цилиндровый V-образный двигатель АД-1 мощностью 400 л.с. Силовая схема АД-1 предусматривала применение стальных шпилек, залитых в алюминиевый картер, и блоков, изготовленных из алюминия.

Судя по всему, именно этот мотор стал прототипом при разработке дизеля В-2 на Харьковском паровозостроительном заводе им. Коминтерна.

Один экземпляр конструкторской документации проекта авиадизеля Я.М. Майера был передан на ХПЗ. Группу ведущих конструкторов завода во главе с Я.Е. Вихманом командировали в институт "для ознакомления с результатами испытаний отсека и технологией изготовления агрегатов".

И все же будущий В-2 далеко не во всем копировал идеи УНИИ ДВС. Главный конструктор дизельного отдела ХПЗ К.Ф. Челпан в ходе дальнейшей разработки пересмотрел ряд важнейших характеристик двигателя: так, угол развала блоков стал 60° (был 45°), а размерность цилиндров — 150x180 мм (была 150x165 мм). Участники разработки отмечали, что в обоих случаях свою роль сыграли рекомендации В.Я. Климова. Именно он предложил позаимствовать некоторые конструктивные решения карбюраторного двигателя М-100 (лицензионного "Испано-Сюиза" HS 12Y), размерность цилиндров которого составляла 148x170 мм. Это второй "авиационный след" в истории легендарного танкового дизеля.

Был и третий. К середине тридцатых годов коллектив А.Д. Чаромского далеко опередил в соревновании всех конкурентов: его авиадизель АН-1 оказался более мощным и доведенным, хотя путь к серийному производству отнюдь не был усыян розами. Реальные достижения отдела нефтяных двигателей (ОНД) и авторитет ЦИАМа сыграли свою роль, когда затянувшаяся доводка В-2 заставила искать пути ускорения ра-

бот. К сожалению, одними из принятых мер оказались репрессии против руководителей, якобы вредительски срывавших сроки создания новой техники. С целью "укрепления руководства" дизельного отдела ХПЗ после ареста К.Ф. Челпана в Харьков были направлены сотрудники ОНД Т.П. Чухахин и М.П. Поддубный, принимавшие активное участие в разработке АН-1. Естественно, что наиболее удачные решения, найденные ОНД в процессе доводки АН-1, сразу стали известными, и нашли воплощение в конструкции В-2. Кроме того, по договору о творческом сотрудничестве, заключенному между ЦИАМ и дизельным отделом ХПЗ, Чаромский и ряд его ближайших сотрудников неоднократно консультировали харьковчан по наиболее сложным вопросам.

По мнению самого А.Д. Чаромского АН-1 и В-2 имели чрезвычайно много общего: "...каноническая форма конструкции с V-образным расположением цилиндров, с си-

АВИАЦИОННЫЕ БЕНЗИНОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТАНКАХ

| Марка танка | Марка двигателя | Мощность, л.с. (квт.) | Начало выпуска танка, год |
|-------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Т-12 (Т-24) | М-6 | 300 (220) | 1930 |
| БТ-2 | "Либерти" | 400 (295) | 1931 |
| БТ-5 | М-5, М-17 | 400 (295) | 1932 |
| ПТ-1 | М-17Ф | 500 (370) | 1932 |
| Т-28 | М-17 | 500 (370) | 1933 |
| Т-35 | М-17 | 500 (370) | 1933 |
| БТ-7 | М-17Т | 500 (370) | 1936 |
| СМК | ГАМ-34БТ | 850 (625) | 1939 |
| Т-100 | ГАМ-34БТ | 850 (625) | 1939 |

ловыми несущими стальными шпильками, способными выдерживать высокие максимальные давления, литая алюминиевая 4-клапанная головка, центральное расположение топливной форсунки и одинаковая специальная форма камеры сгорания, 12-плунжерный топливный насос, шатунно-поршневая группа с главными и прицепными шатунами и штампованными алюминиевыми поршнями... Основное отличие В-2 от АН-1 состояло в уменьшенной размерности 150x180 мм вместо 180x200 мм и в отсутствии агрегатов наддува..."

Общим было и применение немецкой топливной аппаратуры и форсунок фирмы "Бош", которые, впрочем, еще до начала войны удалось освоить в производстве на отечественных заводах.

СТРАНИЦА ТРЕТЬЯ: МНОГОЛИКИЙ В-2

В июне 1939 г. успешно завершились государственные испытания доработанного дизеля В-2. Его базовая модификация мощностью 500 л.с. предназначалась, как известно, для нового среднего танка Т-34. Специально для тяжелого танка КВ с декабря 1939 г. начался выпуск В-2К мощностью 600 л.с., форсированного по частоте вращения (с 1800 до 2000 об/мин) и среднему эффективному давлению (с 0,64 до 0,69 МПа). Для гусеничного тягача "Ворошиловец" был запущен в серийное производство дизель В-2В, отрегулированный на мощность 375 л.с.

ИС-2

DIGEST

This year the В-2, a world-famous engine which is the first diesel engine for a tank, will celebrate its 60th anniversary. According to decree #115 dated September 5, 1939 of People's Commissariat of Aviation, that year the engine entered serial production. The development of a special tank engine was necessary because of its much more severe operating conditions as compared with aviation or motor-car engines.

Accumulated experience in aviation engine manufacturing was widely used in the В-2 engine development that guaranteed its small specific mass and high capacity. The prototype of В-2



В предвоенный период на базе основных конструктивных и технологических решений В-2 были спроектированы и построены 6-цилиндровые варианты дизеля (однорядные): В-3 мощностью 250 л.с. (позднее 300 л.с.) и В-4 мощностью 300 л.с. Последний устанавливался на серийном танке Т-50. Специально для военных катеров создавались модификации В-2/п и В-2/л с различным направлением вращения выходного вала. Кроме того, велась разработка различных опытных модификаций дизеля В-2, как с применением наддува, так и без него. Максимальная мощность некоторых вариантов уже в то время приближалась к 1000 л.с.

С началом проектирования нового тяжелого танка ИС были выдвинуты требования: форсировать дизель до мощности 650 л.с. и уменьшить его высоту. Я.Е. Вихман и Л.Г. Федотов сумели разработать новый вариант двигателя с указанными характеристиками. Он получил название В-2ИС. Одним из его достоинств был инерционный стартер, работавший как от электропривода, так и от рукоятки.

Осенью 1943 г. в Челябинске началась разработка еще двух опытных модификаций дизеля, которые впоследствии явились "родоначальниками" двух больших ветвей "генеалогического древа" В-2. Двигатель В-11 стал прототипом для семейства безнаддувных дизелей В-44, В-54 и др., ряд его конструктивных решений был внедрен в серийные В-2-34 и В-2ИС. У истоков второй ветви находится В-12 — первый из вполне "доведенных" дизелей с наддувом, обеспечивавшимся приводным центробежным нагнетателем, который позаимствовали от авиационного мотора АМ-38Ф. Максимальная мощность В-12 составляла 750 л.с., в конце войны он заслуженно считался одним из лучших танковых двигателей в мире, как по абсолютным, так и по удельным характеристикам.

Вновь организованное Барнаульское КБ в годы войны на основе технических решений В-2 разработало проект дизеля В-16 мощностью 600 л.с. и его форсированных вариантов В-16Ф (мощностью 700 л.с., безнаддувный) и В-16НФ (мощностью 800 л.с., с двумя нагнетателями РУТ). В 1945 г. для опытного

тяжелого танка КБ спроектировало силовой агрегат мощностью 1200 л.с., который состоял из двух спаренных дизелей В-16, работавших на общий редуктор.

В послевоенный период на Челябинском тракторном заводе на базе В-2 были созданы и запущены в серийное производство дизели В-54 (для среднего танка Т-54) и В-11-ИСЗ (для тяжелого танка ИС-3). Оба варианта двигателя имели мощность 520 л.с. В 1947 г. началось производство перспективного дизеля В-12, предназна-

ченного для танков ИС-4, Т-10, Т-10М. В развитие конструкций довоенных дизелей В-3 и В-4 для военных легких гусеничных машин был создан 6-цилиндровый дизель В-6 мощностью 240 л.с. Последний использовался на плавающем танке ПТ-76.

Другим массовым послевоенным дизелем стал В-55 мощностью 580 л.с., представлявший собой дальнейшее развитие двигателя В-54. Он же оказал-

ся последним отечественным безнаддувным танковым дизелем. Простота конструкции в сочетании с высокой надежностью обеспечили ему невиданную распространенность в мире: именно этот "движок" устанавливался в танки Т-55, которых только в СССР изготовили более 50 тыс. единиц! Лицензии на производство В-54 и В-55 были проданы ряду стран; в частности, при технической помощи Советского Союза в Датуне (Китай) построили завод, специализировавшийся на изготовлении этих двигателей.

В 1960-1970 гг. для основного боевого танка Т-72 в Челябинске были разработаны дизели В-46-6 (мощностью 780 л.с.) и В-84М (мощностью 840 л.с.), сохранившие размерность и литраж своего "прародителя". А в 1980-1990 гг. появились В-88 (форсированный вариант В-84М мощностью 880 л.с.) и В-92 (мощностью 1000 л.с.), которые на сегодняшний день завершают линию В-2. Станут ли они последними — кто знает?

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ СЕРИЙНЫХ ДИЗЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА В-2

| Тип двигателя | Тип танка | Год начала выпуска | Мощность, л.с. | Число цилиндров | Уд. расход топлива, г/л.с.ч | Примечание |
|---------------|--------------------------|----------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|------------|
| В-2 | БТ-7М Т-34 | 1939 | 500 | 12 | 175 | — |
| В-2К | КВ-1 | 1939 | 600 | 12 | 185 | — |
| В-4 | Т-50 | 1940 | 300 | 6 | 180 | — |
| В-5 | КВ-2 | 1941 | 700 | 12 | 185 | — |
| В-2ИС | ИС-1 ИС-2 | 1943 | 520 | 12 | 188 | — |
| В-44 | Т-44 | 1944 | 520 | 12 | 190 | — |
| В-54 | Т-54 СУ-122 ЗСУ-57 | 1946 1949 1950 | 520 | 12 | 180 | — |
| В-12-5 | Т-10 | 1950 | 700 | 12 | 190 | ПЦН |
| В-6М | ПТ-76 | 1951 | 280 | 6 | 190 | — |
| В-54 | В-54А | 1964 | 580 | 12 | 173 | — |
| В-46 | Т-72 | 1974 | 780 | 12 | 185 | ПЦН |
| В-84М | Т-72М | 1979 | 840 | 12 | 182 | ПЦН |
| В-88 | Т-90 | 1982 | 880 | 12 | 184 | ПЦН |

LEGENDARY V-2: THREE PAGES FROM HISTORY

engine was AD-1 aviation diesel engine designed under the direction of Prof. Ya. Mayer. Great assistance was rendered by Prof. A. Chamorskiy who was the head of CIAM's diesel department. During the 2nd World War most of Soviet tanks including the famous "T34" were powered by В-2 engine. In post-war years Т-54 and t-55 were equipped with modifications of this successful engine. Later on, powerplants of Т-72 and Т-90 military tanks were developed on the basis of the В-2. Up till now the successors of the well-known В-2 having reached 800-1000 h.p. are used in Russian military tanks.

T-72





Дизель: человек и мотор

"Изобретение... никогда не было лишь продуктом творческого воображения: оно представляет собой результат борьбы между отвлеченной мыслью и материальным миром... И изобретателем история техники считает не того, кто с той или иной степенью определенности высказывал раньше подобные же мысли и идеи, а того, кто осуществил свою идею, мелькнувшую, может быть, в уме множества других людей..."

Рудольф Дизель

ВУНДЕРКИНД

Рудольф Дизель родился 18 марта 1858 г. в Париже в семье переплетчика. В период франко-прусской войны семья Дизелей — немцев по национальности — под давлением нарастающих шовинистических настроений соседей вынуждена была эмигрировать в Англию. Оставшись без связей и средств к существованию, отец Рудольфа принял решение отправить сына, подававшего большие надежды, в Германию.

Двенадцатилетнему мальчику предстояло самостоятельно отправиться в далекое по тем меркам путешествие в Аугсбург, сначала на пароходе, а затем на поезде с несколькими пересадками. Мать убеждала его в необходимости этого шага: *"Твое дело как можно скорее научиться чему-нибудь и помочь отцу. Ты видишь, в каком положении твоя семья. Ты умный мальчик, Рудольф, не плачь же и не спорь с отцом"*. Она надеялась, что в Германии ребенку поможет ее брат, профессор Х. Барникель.

И действительно, бездетная чета Барникель приняла Рудольфа очень тепло. Тихий, но очень способный мальчик быстро завоевал любовь и привязанность в своей новой семье. Он был прилежен, внимателен, любознателен и серьезен не по годам. Профессор Барникель предоставил в его распоряжение домашнюю библиотеку, и Рудольф начал с того, что заново перепрочел некоторые обещавшие книги. Общение с широко образованным дядей, несомненно, шло на пользу: в 1873 г. он блестяще окончил реальное училище и был принят в Аугсбургскую политехническую школу с назначением государственной стипендии в 60 гульденов.

Весной 1875 г. школу инспектировал директор Мюнхенской высшей технической школы профессор Бауерфейнд. Рудольф Дизель был представлен ему как выдающийся ученик выпускного класса. Точные и безукоризненные ответы юноши очаровали профессора, и он заинтересовался:

- *Какая же область техники более всего интересует Вас?*

- *Машиностроение,* — ответил Рудольф.

- *Перед этой отраслью развываются сейчас огромные перспективы. Слышали ли Вы о попытках создать вместо паровой машины двигатель внутреннего сгорания, способный заменить паровой?*

- *Инженер все может,* — уверенно заявил молодой человек.

Профессора изумила такая горячность:

- *С Божьей помощью, следовало бы добавить, молодой человек...*

Впрочем, решение у Бауерфейнда уже созрело: Дизель был принят в Мюнхенскую школу по результатам собеседования. Кроме того, ему назначили стипендию в 500 гульденов. Подрабатывая уроками и получив еще одну стипендию барона Крамер-Клетта, Рудольф на весь трехлетний период обучения обеспечил сравнительно сносное существование не только себе, но и родителям, которые перебрались в Германию.

Интересы Дизеля не замыкались только на технике. Математика привлекала его столь же сильно, как музыка, поэзия и изобразительное искусство. Работоспособность молодого Рудольфа была феноменальной, а упорство в достижении цели, без которого нет и не может быть успеха, попросту ошеломляло знакомых. И задачу для себя он выбрал подходящую: разработать тепловой двигатель, который на порядок превосходил бы по эффективности паровую машину. Однако прежде следовало обеспечить себе прочное положение в этом мире, поэтому он принял предложение возглавить завод акционерного общества "Холодильник" в Париже, где проработал 12 лет. Параллельно он продолжил теоретические и экспериментальные исследования в области двигателей, работающих на тяжелом топливе.

ИНЖЕНЕР ВСЕ МОЖЕТ

Вторая половина девятнадцатого века прошла под знаком паровой машины, устройства сколь гениального, столь и малоэффективного. Газовые двигатели Отто, нуждавшиеся в дорогом светильном газе, и появившиеся вскоре маломощные бензиновые моторы не могли конкурировать с паровой машиной, которая работала на относительно дешевом каменном угле. Последнее обстоятельство заставля-

ло большинство изобретателей разрабатывать двигатели, приспособленные для использования преимущественно твердого топлива. Наиболее удовлетворительным решением оказалась паровая турбина, созданная практически одновременно и независимо друг от друга шведом французского происхождения Де Лавалем и англичанином Парсонсом. Постепенно улучшаясь, паровые турбины завоевали "место под солнцем" в энергетике и судовых силовых установках.

Не прекращались попытки использования нефти или продуктов ее перегонки — бензина и керосина — в двигателях внутреннего сгорания (ДВС). Важным шагом в этом направлении стали керосиновые двигатели, предложенные немцем Шпилем и англичанином Пристманом. Принципиально они мало отличались от двигателя Отто, однако впрыскивание топлива в них осуществлялось насосом. Обе конструкции предусматривали предварительный подогрев керосина с целью перевода его в газообразное состояние. В 1888 г. англичанин Харгрэвс построил прототип двигателя тяжелого топлива с форсункой, запальным шаром и охлаждением камеры сгорания водой.

Одновременно немец Капитэн предложил впрыскивать в камеру сгорания две струи жидкого топлива таким образом, чтобы при их столкновении горючее распылялось и только после этого поджигалось свечой. Наконец, в 1891 г. англичанин Стюарт построил так называемый "калоризаторный" двигатель тяжелого топлива. Он работал при малых степенях сжатия, а воспламенение топлива происходило при соприкосновении с предварительно разогретой от внешнего источника поверхностью. Калоризаторный мотор был вполне жизнеспособен и даже получил некоторое распространение, но его позиция навсегда подорвало появление первого двигателя Дизеля.

Еще в 1890 г. Рудольф перебрался в Берлин, став членом правления Акционерного общества холодильных машин. Глава фирмы профессор Линде весьма заинтересовался идеей своего бывшего ученика и пообещал оказать необходимую поддержку на этапе реализации "в металле" двигателя с топливной эффективностью, на порядок превосходившей соответствующий показатель паровой машины.

В описании к патенту от 28 февраля 1892 г., названному "Рабочий процесс и способ выполнения одноцилиндрового и многоцилиндрового двигателя", идея Рудольфа Дизеля излагалась следующим образом:

1. Рабочий процесс в двигателе внутреннего сгорания, отличающийся тем, что поршень в цилиндре настолько сильно сжимает воздух или смесь какого-нибудь другого индифферентного газа (пара) с воздухом, что возникающая при этом температура сжатия значительно превышает температуру воспламенения топлива; при этом сгорание постепенно вводимого после мертвой точки топлива совершается так, что в цилиндре двигателя не происходит существенного повышения давления и температуры.

2. При осуществлении рабочего процесса, описанного в п. 1, к рабочему цилиндру присоединяется многоступенчатый компрессор с ресивером. Равным образом возможно соединение нескольких рабочих цилиндров между собой или же с цилиндрами для предварительного сжатия и последующего расширения.

Через год после получения патента теоретическая часть работы Дизеля была изложена им в брошюре "Теория и конструкция рационального теплового двигателя, призванного заменить паровую машину и другие существующие в настоящее время двигатели". В таком двигателе, считал Дизель, повышение температуры расширяющейся газовой смеси должно производиться не только в результате сгорания топлива, но и до начала этого процесса — путем предварительного сжатия чистого воздуха в цилиндре.

Работать "рациональный двигатель", как и газовые двигатели Отто, должен был по четырехтактному циклу. Однако последние всасывали не чистый воздух, а рабочую смесь воздуха и газообразного горючего, что не позволяло из-за возможности преждевременного воспламенения смеси достигать высоких степеней сжатия. Чистый воздух, всасываемый по циклу Дизеля, можно было доводить до каких угодно технически осуществимых степеней сжатия. Если в двигателях Отто смесь зажигалась электрической искрой, то в двигателе Дизеля раскаленный воздух сам воспламенял поступающее горючее. Наконец, Дизель планировал осуществить постепенное сжи-

гание топлива по мере его поступления без существенного повышения температуры в цилиндре на этапе рабочего хода, в то время как в двигателе Отто смесь сгорала быстро, почти взрывообразно. Таким образом, Дизель надеялся вплотную приблизиться к реализации термодинамического цикла Карно.

Никогда еще одни теоретические построения без практически осуществленного изобретения не вызывали такого огромного интереса среди специалистов во всем мире. Однако, как и следовало ожидать, большая часть критиков оценивала идею автора как практически неосуществимую. Впрочем, были примеры и иного рода. Профессор Шреттер, скептически относившийся прежде к работам Дизеля, после публикации брошюры написал ему: "Я прочел вашу работу с большим интересом... Так радикально и смело еще никто из всех тех, кто предрекал паровому двигателю его закат, не выступал, как Вы. А такой смелости будет принадлежать и победа".

Ободренный признанием своих учителей, Дизель принимает решение о постройке экспериментального образца двигателя на заводе в Аугсбурге. В июле 1893 г. он был готов к испытаниям. В отличие от идей, изложенных в патенте и брошюре, вместо мелкодисперсной угольной пыли в качестве топлива применялся керосин. Первоначально Дизель предполагал получить давление в цилиндре на уровне 250 атм, впоследствии этот параметр из соображений технической реализуемости пришлось уменьшить до 90 атм. На деле, начав с восемнадцати, после целого ряда доработок он сумел довести степень повышения давления только до тридцати четырех.

Затем перешли к впрыску горючего. Вопреки ожиданиям его сгорание происходило очень быстро, в связи с чем давление и температура в цилиндре резко росли. Двигатель едва не взорвался, в ходе одного из экспериментов разлетелся на части индикатор давления, сам Дизель чуть было не получил удар обломком по голове. По-видимому, до этого Рудольф не придавал особого значения эффекту самовоспламенения топлива. Опытный двигатель не имел системы охлаждения. Кроме того, из-за чрезмерного трения в отдельных узлах он оказался неработоспособен. В отчете по испытаниям появилась запись: "Считать, что осуществление рабочего процесса на этой несовершенной машине невозможно".



На изготовление усовершенствованного образца ушло пять месяцев. Параллельно Дизель взял второй патент, в котором он фактически отказывался от осуществления изотермического сжигания топлива в пользу изобарического. 17 февраля 1894 г. второй опытный двигатель Дизеля проработал в течение одной минуты, сделав 88 оборотов. Наконец-то Дизель смог записать в своем дневнике: *"Жизнеспособность моего дела, осуществимость моей идеи доказаны"*. Вторая серия опытов, продолжавшаяся до середины марта, вселила в окружающих такую же уверенность. К осени удалось получить диаграмму работы двигателя, полностью соответствовавшую теории.

Дизель предложил созвать техническую конференцию с участием представителей фирмы Круппа, которая пожелала подключиться к созданию нового двигателя. По итогам работы конференции второй опытный образец мотора, нуждавшийся в дальнейшей доработке, отправили в Австрию на один из крупновских заводов, а в Аугсбурге приступили к изготовлению усовершенствованного третьего экземпляра. *"Первый не работает, второй работает несовершенно, третий будет хорош"*, — с непоколебимой уверенностью заявил Дизель.

Суэта, поднявшаяся вокруг работ изобретателя, свидетельствовала о несомненном успехе. Дизеля принялись атаковать "предшественники", предъявлявшие свои претензии на авторство идеи двигателя тяжелого топлива. Многочисленные европейские фирмы проявили заинтересованность в изобретении. Первой патент приобрела германская фирма "Братья Карель", затем во Франции было создано акционерное общество "Дизель", приступившее к постройке собственного завода в Бар-де-Люке. А ведь по-настоящему работоспособного мотора еще не было!

Только в начале 1895 г. закончилась постройка третьего опытного экземпляра, содержавшего уже все основные элементы будущего дизельмотора. Он имел жидкостное охлаждение и воздушный насос для впрыска топлива. Первого мая двигатель проработал непрерывно 30 минут, а в конце июня были произведены первые опыты с работой под нагрузкой. К созданию дизельмотора подключалось все больше людей. Обладая исключительной проницательностью, Дизель окружил себя превосходными сотрудниками. Уверенность изобретателя передавалась сомневающимся, его трудолюбие и упорство в достижении цели самым благоприятным образом влияло на темпы работ.

В декабре 1896 г. было закончено изготовление первого "большого" двигателя мощностью 20 л.с., который мог иметь промышленное применение. Дизель отправил письмо Круппу: *"Наконец, мы имеем совершенно готовый экономичный двигатель, с которым мы одержим победу"*. Степень повышения давления в цилиндре достигала тридцати пяти, а температура воздуха в конце цикла сжатия 700...800 °С. В качестве топлива использовался керосин, впрыскивавшийся топливным насосом через форсунку. Впечатляли размеры цилиндра: его диаметр составлял 250 мм, а ход поршня — 400 мм. В то время как лучшие паровые машины имели к.п.д. не более 15 %, еще несовершенный дизельмотор продемонстрировал к.п.д. на уровне 34 %. Расход топлива не превышал 240 г/л.с.ч на номинальном режиме и 280 г/л.с.ч на режиме половинной мощности.

БОРЬБА УГЛЯ И НЕФТИ

В 1898 г. в Мюнхене открылась выставка паровых машин, ставшая кульминационным пунктом невероятного успеха Дизеля и его

двигателя. Здесь была развернута целая экспозиция: тридцатисильный мотор Аугсбургского завода приводил в действие насос Бракемана, двадцатисильный двигатель завода "Отто-Дойц" работал на машину для получения жидкого воздуха, а тридцатипятисильный крупновский дизельмотор вращал вал насоса высокого давления, дававшего струю высотой 40 м.

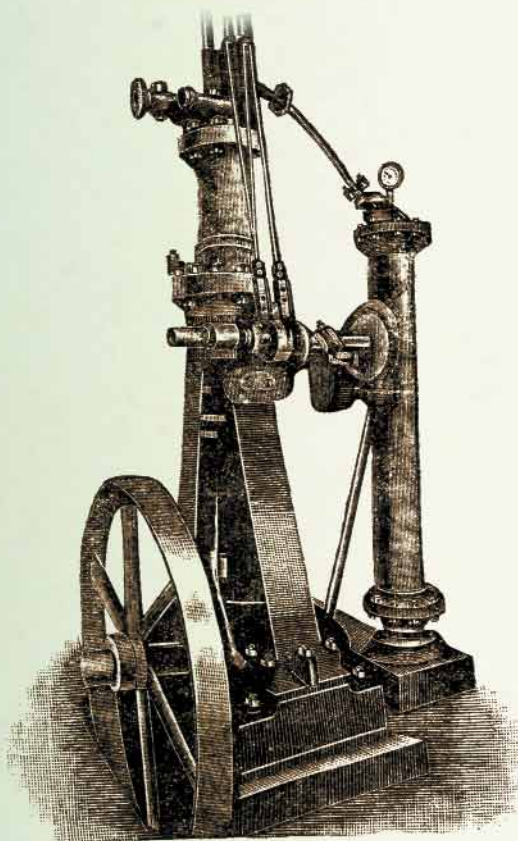
Успех на выставке был колоссальным. Лицензии на производство двигателей Дизеля разбирались немецкими и иностранными предприятиями нарасхват. В России за внедрение дизельмоторов в энергетику и судостроение взялся крупный промышленник Нобель. По его заданию главный инженер Нордстрем, используя технические решения лицензионного двигателя мощностью 20 л.с., приступил к проектированию собственного варианта мотора, который должен был работать на сырой нефти. Спустя год переконструированный двигатель поступил на испытания, закончившиеся успешно. Следует

отметить, что этот результат оказался вовсе не лишним: дело в том, что, например, во Франции на первых порах из-за обилия "детских болезней" дизельмотор серьезно подорвал свое реноме. Кроме того, требуемая точность изготовления ряда деталей двигателей Дизеля значительно превышала уровень, достигнутый на большинстве машиностроительных заводов. Помимо технологических трудностей перед промышленностью встал вопрос о создании новых жаростойких материалов. Столкнувшись с проблемами, некоторые фирмы заявили о "непригодности" дизельмоторов для серийного производства. Недоброжелатели Дизеля подхватили эту мысль и принялись упрекать его во всех смертных грехах: от некомпетентности до воровства чужих идей.

Временные неудачи, хотя и поколебали душевное здоровье изобретателя (он даже некоторое время был вынужден лечиться у психиатра), но не смогли изменить того факта, что именно такой двигатель был востребован мировой промышленностью. Если в 1902-1904 гг. тонна нефти на мировом рынке стоила 6 руб. 10 коп., то в 1905-1907 гг. цена увеличилась уже до 14 руб. 88 коп. Цифры наглядно демонстрируют, насколько вырос спрос на нефть; в немалой степени это произошло по причине все более широкого внедрения ДВС, в том числе дизельмоторов.

Вместо обычного расхода 0,8...0,9 кг/л.с.ч, характерного для судовых паровых машин, двигатели Дизеля потребляли вчетверо меньше топлива, что позволяло заметно увеличить дальность плавания. Помимо высокой экономичности важным козырем ДВС являлась простота топливоподачи. На броненосцах того времени, оснащенных паровыми машинами, в котельных отделениях непрерывно трудились десятки кочегаров, лопатами отправлявшие уголь в ненасытные топки. Применение жидкого топлива, которым питались дизельмоторы, практически полностью устраняло столь нерациональные трудозатраты.

На рубеже веков электроэнергия все шире проникала во все стороны жизни общества. Электрическое освещение квартир, электрические двигатели на предприятиях, трамваи на улицах городов... Первое время генераторы электростанций работали совместно с быстроходными паровыми машинами, дававшими 400...600 об/мин. Такая частота вращения не обеспечивала эффективной работы динамомашин. Кроме того, единичная мощность паровых машин являлась недостаточной для крупных электростанций. Потребность в специальном двигателе, быстроходном и экономичном, возникла после первых же успехов, сделанных электротехникой, и по мере их расширения только возрастала. Поэтому неудивительно, что выставленные на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. двигатели Дизеля получили высшую награду — Гран При.



Однако и конкуренты не стояли на месте. Появление паровых турбин чрезвычайно укрепило позиции угля в электроэнергетике, но прежде чем турбины окончательно завоевали здесь "место под солнцем", высокооборотные дизельмоторы пытались с ними конкурировать. Там, где единичная мощность агрегата не превышала нескольких сот лошадиных сил, они сумели закрепиться. В зоне более мощных машин двигателям Дизеля пришлось уступить...

Следует отметить, что в начале века в Германии, из энергетических ресурсов располагавшей только запасами угля, против Дизеля и его идеи все более широкого использования жидкого топлива встали как некоторые промышленники, так и широкая "инженерная общественность". При этом первые защищали свои коммерческие интересы, а вторые противились внедрению нового из-за косности мышления. Чтобы как-то обосновать свою позицию, немецкое инженерное сообщество сделало упор на различиях между содержанием патентов Дизеля и реальными конструкторскими решениями, которые были воплощены в дизельмоторах. И формально критики были правы: ведь ни угольная пыль в качестве топлива, ни изотермическое управляемое сжигание ее так и не были реализованы. Затем к травле Дизеля подключились изобретатели, полагавшие, что их идеи были украдены. С тем, чтобы пригасить волну недоброжелательства, Дизелю пришлось уплатить отступное — 20 тыс. марок трем немецким инженерам: Э. Капитену, Ю. Зонляйну и О. Келлеру.

Но Общество германских инженеров не унималось. В 1904 г. на своем ежегодном съезде оно демонстративно присудило "турбинистам" Лавалю и Парсонсу высшую награду — медаль Гростгофа. Иностранцы чрезвычайно редко удостоивались этой награды, а немец Рудольф Дизель так и не стал ее обладателем. Редкостные по ожесточенности нападки не прекращались. В обиход был введен псевдотермин "двигатель Дизеля-и-компания", а в кулуарах съезда вполне серьезно обсуждали целесообразность применения термина "нефтяной двигатель" взамен "дизельмотора".

ОН СЛИШКОМ МНОГО ЗНАЛ

Столкнувшись со стеной недоброжелательства в Германии, Дизель постарался наладить нормальные взаимоотношения с зарубежными промышленниками. И здесь ему повезло больше: во Франции, Швейцарии, Австрии, Бельгии, России и Америке он нашел куда более радушный прием, чем на исторической родине.

Швейцарский завод братьев Зульцер разработал двухтактный дизельмотор с клапанной продувкой. Уступая "четырёхтактникам" в экономичности, двухтактный двигатель одинаковой массы почти вдвое превосходил их по мощности. Другим несомненным достоинством "двухтактника"

была относительная простота реверса, который был абсолютно необходим для судовых силовых агрегатов. Затем швейцарцы первыми в мире приступили к созданию локомотива с двигателем Дизеля.

Огромные успехи в области внедрения дизельмоторов на кораблях и судах были достигнуты в России. Вслед за полужизненной установкой на нефтеналивной барже "Вандал" в 1904 г. на Волге появился танкер-теплоход "Сармат". На нем была применена так называемая "силовая

установка по системе Дель-Пропосто": при движении вперед дизельмотор работал непосредственно на винт, а для движения назад он переключался на электрический генератор, дававший ток электромотору с противоположным направлением вращения ротора. Вскоре после завершения первой навигации владельцы подвели итоги: теплоход оказался впятеро экономичнее парохода одинакового водоизмещения.

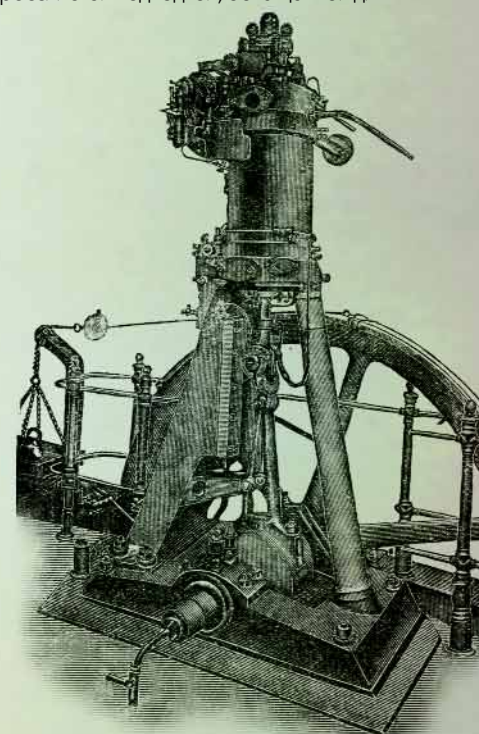
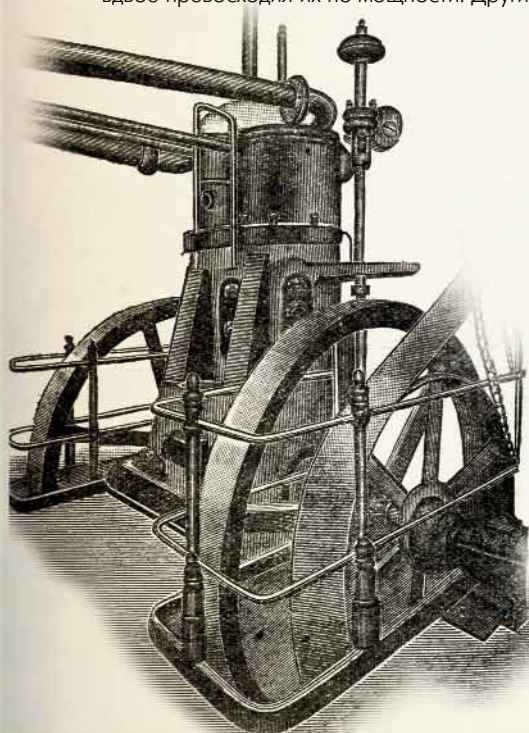
Дизельные моторы вскоре были востребованы только появлявшимся подводным флотом. Первой российской подлодкой, оснащенной дизельмотором, стала "Минга", а вслед за ней — "Акула". Построенные для Амурской речной флотилии канонерские лодки также оснащались двигателями Дизеля. Появились мысли о целесообразности создания крейсеров и даже броненосцев с подобными силовыми установками.

Не меньшие перспективы сулило применение дизельмоторов в автомобилестроении. Рудольф Дизель лично занялся этой проблемой, и в 1908 г. первый экспериментальный мотор был готов. Установленный на грузовике, он прошел цикл испытаний, завершившихся неудачей. Стремление максимально уменьшить удельную массу двигателя в погоне за аналогичным показателем бензинового мотора (20 кг/л.с.) негативно сказалось на надежности. Фактически в этой области Дизель попытался опередить время, и неудивительно, что это ему не удалось. Вложив много сил и душевной энергии в работу над малогабаритным дизельмотором, изобретатель был вынужден отступить.

Впрочем, несмотря на эту неудачу, технический талант Дизеля был наконец признан и правящими кругами Германии. В присутствии кайзера Вильгельма II изобретателю был вручен диплом о присвоении ему почетного звания доктора-инженера. Особенно заинтересованный в создании новых средств вооружения, монарх решил привлечь Дизеля к созданию новейшего секретного оружия — огнемета, идею которого высказал профессор Фидлер. Именно это задание, как считают биографы Дизеля, самым трагическим образом отразилось на его судьбе. Дело в том, что практически параллельно с работами над зажигательными смесями Рудольф продолжал совершенствовать конструкцию реверсивного судового четырехтактного дизельмотора и добился положительного результата. Наибольший интерес новинка вызвала в Великобритании, традиционно считавшей себя "владычицей морей". В августе 1913 г. Дизель получил приглашение посетить туманный Альбион. Вероятно, немецкие контрразведчики сочли поездку изобретателя, занимавшегося важными военными исследованиями, в страну "вероятного противника" нежелательной. Однако отменить ее они были не в силах.

Вечером 29 сентября 1913 г. лайнер "Дрезден" покинул гавань Антверпена, увозя на палубе Рудольфа Дизеля. В 11 часов вечера, поужинав в ресторане, изобретатель пожелал своим спутникам спокойной ночи и отправился в свою каюту. Утром она оказалась пустой. Поиски на судне ничего не дали. Пресса получила великолепный повод для всевозможных спекуляций вокруг происшествия. Выдвигались разные версии: убийство, самоубийство, минутное помешательство... Но истинная причина гибели великого изобретателя навсегда осталась тайной.

Николай Александров



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ КЛЮЧ МОДЕЛИРОВАНИЕ — К СОЗДАНИЮ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Владимир Скибин, Александр Крайко, Борис Блинный,
Игорь Браилко, Михаил Иванов, Валерий Копченков,
Владимир Макаров, Александр Секундов, Юрий Темис,**

ЦИАМ им. П.И. Баранова

(Продолжение. Начало в №3)

В настоящее время ЦИАМ, располагает большим заделом по высоконапорным осевым ступеням в диапазоне степеней сжатия от 1,5 до 2,5. Он является одним из мировых лидеров в создании трансзвуковых и сверхзвуковых ступеней перспективных компрессоров с уменьшенным числом высоконагруженных стреловидных

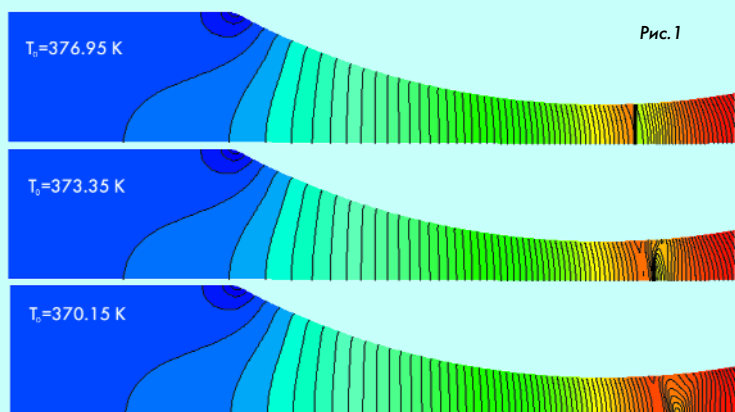


Рис. 1

лопаток. Для их проектирования разработаны математические модели и алгоритмы разного уровня. Решение обратных задач позволяет обеспечить благоприятные распределения статического давления невязкого потока на поверхности лопатки. Результаты проектирования контролируются расчетами трехмерного вязкого течения в многовенцовой системе. Программа оптимизации завершает процесс создания многоступенчатого компрессора и определяет условия обтекания каждого венца на всех режимах работы двигателя. Использование этих матмоделей и алгоритмов при перепроектировании ранее созданных высоконапорных ступеней повышает их КПД на 1,5...2%.

Сейчас разрабатываются высоконапорные ступени центробежных компрессоров на степени сжатия 8...10 и КПД ~ 0,8. В их составе рабочее колесо с двумя-тремя промежуточными лопатками и двухрядный диффузор. Наряду с дозвуковыми рассматриваются сверхзвуковые рабочие колеса. Проектирование центробежных ступеней осуществляется с обязательными расчетами вязкого течения. В результате удается избежать отрывов потока и обеспечить согласование ротора с лопаточным диффузором.

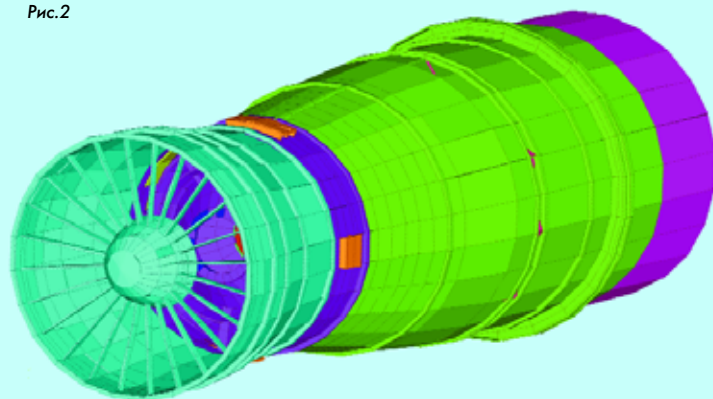
Значителен вклад ученых ЦИАМ в построение матмоделей физической газовой динамики. Это — модели движения многофазных сред с конденсацией, испарением, горением, затвердеванием капель и т.п. В моделях химической кинетики учтено влияние неравновесного возбуждения колебательных степеней свободы молекул на скорости реакций. В электро- и магнитной газодинамике описаны влияния соответствующих полей на движение газа, горение, образование различных выбросов и т.д. Для описания воздействия венцов вентилятора на течение, наряду с детальными расчетами в рамках уравнений Эйлера, Навье-Стокса или Рейнольдса, используют-

ся специальные поверхности разрыва (активные и пассивные диски).

В качестве иллюстрации возможностей моделей физической газовой динамики приведем здесь результаты матмоделирования течения спонтанно конденсирующегося пара. Данная проблема интересна и в связи с авиационными приложениями, и применительно к стационарным энергетическим установкам. Результаты расчета течения конденсирующегося пара в плоском сопле с полувысотой минимального сечения h для трех температур торможения T_0 на входе в сопло представлены на рис. 1, где показаны линии равных значений числа M . Течение чрезвычайно чувствительно к изменению T_0 : при уменьшении T_0 на 2% образуется иницированный конденсацией почти прямой скачок, при дальнейшем понижении температуры пара на входе в сопло течение в горле сопла становится нестационарным.

Другим важнейшим фактором, определяющим качество конструкторских решений, является матмоделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей и узлов ПД. Созданные в ЦИАМ модели и алгоритмы обеспечивают матмоделирование прочности и динамики конструкций двигателей на всех этапах разработки. Это предполагает интеграцию моделей разного уровня: от простейших моделей концептуального проектирования до моделей кинетики трехмерного НДС конструкций, узлов и деталей, работающих в условиях нестационарных термических воздействий, а также моделей прогноза ресурса и долговечности конструкций.

Рис. 2



В ряде случаев матмоделирование позволяет отказаться от дорогостоящих и длительных экспериментов для подтверждения принятых конструкторских решений. Благодаря использованию моделей газовой динамики, теплопроводности и прочности, интегрированных с конструкторской системой, "в разы" сокращается стоимость и сроки проектирования таких ответственных узлов, как компрессор и турбина. В результате уже первые изготовленные экземпляры этих узлов обеспечивают заявленные рабочие параметры.

Нелинейные эффекты статического деформирования лопатки и колеса компрессора существенно влияют на динамическое состояние изолированной лопатки и диска с лопаточным венцом. Применение матмоделирования НДС, собственных форм и частот колебаний лопатки предполагает предварительное решение

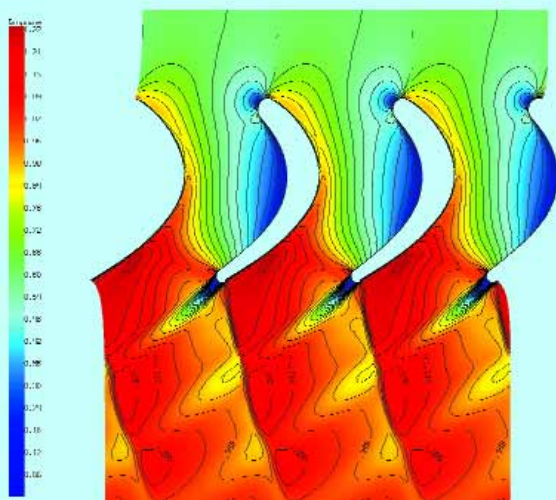


Рис.3

задачи нелинейного статического равновесия лопатки с учетом центробежных сил. Зависимость жесткости лопатки от частоты вращения существенно сказывается на частотных характеристиках изолированных лопатки и колеса. Применяемая в ЦИАМ методика моделирования форм и частот колебаний лопаток и дисков с лопатками описывает лопатку методом конечных элементов в рамках нелинейных теорий оболочек и закрученных стержней. Она позволяет исследовать инверсию форм колебаний изолированной лопатки и образование соответствующих им семейств форм колебаний диска с лопатками, что является диагностическими признаками для идентификации экспериментальных результатов. Управление параметрами, определяющими эти диагностические признаки, позволяет еще на стадии проектирования обеспечить динамическую отстройку от резонансных колебаний и флаттера на рабочих режимах.

Стремление получить конструкцию минимального веса ведет к тому, что в локальных зонах замкового соединения возникают значительные упругопластические деформации и напряжения. Часто именно они определяют ресурс конструкции. Обеспечение гарантированного ресурса требует разработки адекватных моделей его прогноза. Опыт ЦИАМ в разработке и применении матмоделей ресурса показывает, что квалифицированный прогноз гарантирует высокую надежность создаваемых конструкций. Однако это предполагает глубокое понимание характера упругопластического деформирования материала деталей в зонах концентрации напряжений. Определение упругопластических деформаций и напряжений на основе матмоделей пластичности и ползучести опирается на решение нелинейных задач упругопластического контактного взаимодействия.

Анализ поведения материала при циклическом деформировании и разработка стохастической модели характеристик его прочности позволили получить зависимость ресурса малоциклового усталости диска от разброса его механических характе-

стик. Уровень разработанных в ЦИАМ моделей ресурса позволяет создавать имитационные модели прогноза долговечности лопаток, дисков и роторов с учетом разброса механических характеристик конструкционных материалов, отклонений в технологии изготовления и реальных условий эксплуатации. Все это позволяет перейти к прогнозу жизненного цикла изделия. Аналогичные подходы реализуются при создании конструкций из керамических и композитных материалов, при разработке которых роль матмоделирования является определяющей.

Матмодели статического и динамического деформированного состояний двигателя, оценки несущей способности и прогноза ресурса деталей и узлов основываются на методе конечных элементов (МКЭ) и методе граничных элементов, объединенных с моделями конструкционных материалов. Наряду с применением программного комплекса ANSYS в ЦИАМ разработаны специализированные комплексы МКЭ, предназначенные для использования на всех этапах создания двигателя. Интеграция с системой UNIGRAPHIX обеспечивает оперативность выполнения расчетов и исследований. Примером такой интеграции служит конечно-элементная модель корпуса двигателя (рис. 2). Представленная схематизация учитывает асимметрию подвески двигателя на летательном аппарате и позволяет определять НДС корпуса двигателя в целом, в том числе овализацию корпуса, которую необходимо учитывать при назначении радиальных зазоров.

Математические модели надежности, ресурса и механики деформируемого тела применяются для обеспечения безопасности эксплуатации и повышения ее экономической эффективности, для идентификации результатов экспериментов при испытаниях двигателей и их узлов и для диагностики состояния двигателя в процессе эксплуатации.

При моделировании полета с большими дозвуковыми скоростями пространственность обтекания, в первую очередь, обусловлена влиянием фюзеляжа и крыла, а при моделировании реверса — близостью земли. В этих случаях обтекание мотогондолы рассчитывается либо вместе с летательным аппаратом, либо с учетом влияния земли.

На рис. 3 даны результаты расчета трехмерного турбулентного обтекания лопаток турбины. Приведены изомахи в среднем сечении рабочего колеса. Хорошо видны скачки и отрывные зоны. На рис. 4 представлен пример трехмерного расчета течения в ступени радиальной турбины малоразмерного ПТД. Показаны распределения скорости на обтекаемых поверхностях.

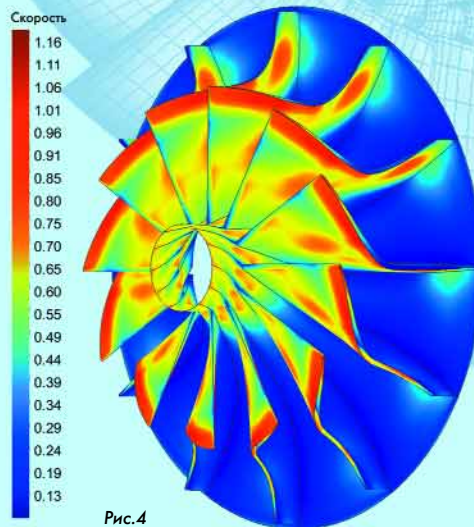


Рис.4

(Продолжение следует.)

DIGEST

The contribution of CIAM's scientists to designing of physical gasdynamic models is significant. CIAM's models and algorithms provide mathematical modeling of strength and aerodynamics of engine components at all development stages. In some cases mathematical modeling offers the prospects to avoid expensive and time-consuming tests necessary to verify proposed design solutions. CIAM, possessing great experience in high-pressure axial stages within 1.5-2.5 pressure ratio, is a world-known leader in developments of transonic and supersonic stages of advanced compressors with reduced number of highly loaded swept blades. Both subsonic and supersonic rotors can be taken into consideration. CIAM's experience in development and application of mathematical models of service life shows that the qualified forecast guarantees high reliability of components under development. High-level mathematical models of service life makes possible to create simulating models of life prediction of blades, discs and rotors with account of spread in structural material mechanic characteristics, variations in manufacturing and actual operation conditions.

MATHEMATICAL MODELING – A KEY TO ENGINE DEVELOPMENT



ЭТАЛОННАЯ МОДЕЛЬ КАЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Задача повышения качества продукции является одной из центральных в деятельности любого предприятия. Однако особые требования к качеству предъявляются в авиационном моторостроении, поскольку связь между качеством двигателей и безопасностью полетов является неоспоримой. Помимо того, конкурентоспособность выпускаемой продукции и затраты на ее эксплуатацию также обуславливаются уровнем качества. Удачное решение этой задачи найдено на ММП "Салют". Здесь не только была создана новая система качества (СК), но также и осуществлена ее сертификация в соответствии с международными стандартами (МС) ИСО серии 9000. Но путь этот не был простым...

Сегодня на ММП "Салют" уже ни у кого не возникает сомнений, что сертификация производства и системы качества является побудительным мотивом совершенствования производственных процессов и повышения качества серийно изготавливаемых газотурбинных двигателей. Руководствуясь этими соображениями, на "Салюте" приступили к созданию собственной СК.

Работы начались в 1994 г. с анализа соответствия действующей комплексной системы управления качеством продукции (КСУКП) требованиям к системам качества, предусмотренным международными, государственными, отраслевыми стандартами и нормативными документами. Потребовался отбор всего того ценного, что предусматривали действующие стандарты предприятия (СТП), регламентирующие построение и функционирование КСУКП. По результатам анализа была осуществлена корректировка более 100 стандартов КСУКП и разработка 60 новых стандартов предприятия, а также Руководства по качеству.

Для координации усилий по разработке, внедрению и подготовке новой системы качества и серийного производства ПТД к сертификации была создана рабочая группа под руководством главного инженера, в которую были включены ведущие специалисты по всем функциональным направлениям деятельности предприятия.

Весь объем работ по подготовке производства и СК к сертификации выполнялся в течение 1995-1996 гг. в четыре этапа:

- 1 этап** Разработка системы качества (Руководство по качеству, 160 СТП)
- 2 этап** Обучение и аттестация персонала предприятия (ИТР, рабочие, служащие)
- 3 этап** Внедрение СК в документацию и в производство конкретного типа двигателя
- 4 этап** Самопроверка готовности предприятия к сертификации СК производства

Согласно требованиям международного стандарта ИСО 9000-1-94, система качества предприятия разрабатывалась в соответствии с ИСО 9002-94 "Системы качества. Модель обеспечения качества при производстве, монтаже и обслуживании". В основу создаваемой системы были положены следующие положения и принципы:

— гармоничное сочетание новейших технологий и высокоэффективного оборудования с современной организацией производства;

— управление качеством на всех этапах жизненного цикла двигателя в рамках действующей системы управления предприятием;

— проведение предупредительных мероприятий, исключающих возникновение проблем по качеству изготавливаемых двигателей;

— оперативное реагирование на возникающие несоответствия качества продукции с целью их исправления и устранения причин возникновения (повторения);

— документальное оформление требований системы качества, обеспечивающее однозначное понимание процедур их реализации, доступность и контроль;

— проведение систематического анализа и оценки эффективности функционирования системы качества со стороны руководства по мере реализации целей и задач политики предприятия в области качества.

В процессе работ стало очевидным, что важнейшим условием успешного функционирования разработанной СК является глубокое знание ее требований руководящим, исполняющим, контролирующим персоналом. С этой целью была разработана и реализована система обучения всех работников предприятия, которая предусматривает обучение по пяти уровням ответственности: 1-й — руководители предприятия; 2-й — главные специалисты, руководители отделов; 3-й — начальники производственных цехов и их заместители; 4-й — ИТР отделов и цехов; 5-й — рабочие и контролеры. Программы обучения персонала 1, 2 и 3-го уровней ответственности были согласованы с Центральным институтом повышения квалификации отрасли и Авиационным регистром Межгосударственного авиационного комитета (АР МАК). Аттестация руководителей отделов и цехов и их заместителей проводилась с учетом внедрения и соблюдения в руководимых подразделениях требований системы качества, после чего им вручалось удостоверение на право работы в условиях действия сертифицированной СК.

Наиболее сложным и требующим постоянного контроля и принятия организационных мер со стороны руководства предприятия явился этап внедрения требований и процедур системы качества в документацию и производственные процессы. В этот период были реализованы следующие дополнительные мероприятия:

— поэтапное внедрение стандартов предприятия, не требующих специальных организационно-технических мер;

— внеочередная аттестация директивных, специальных техно-

логических процессов и процессов неразрушающего контроля;

— дополнительная проверка оборудования на геометрическую и технологическую точность, его ремонт и замена при необходимости более точным;

— поверка и проверка всех стандартных и нестандартных средств измерений, переаттестация оснастки;

— обязательное оформление доказательной документации (приказов, актов), подтверждающих полноту и качество внедрения стандартов.

После завершения этапа внедрения СК с целью подготовки ее к сертификации была проведена самопроверка по программе, включающей два этапа.

Первый этап предусматривал проверку отражения требований МС ИСО 9002-94, Авиационных правил АП-21, "Руководства по сертификации", "Временного положения о сертификации системы качества" (система "Оборонсертифика"), ГОСТ, ОСТ в документации разработанной системы качества, в конструкторской и технологической документации и устранение выявленных "несоответствий".

На втором этапе проверялось выполнение требований системы качества технологических процессов на рабочих местах, при проведении технического контроля качества, а также при испытании деталей, сборочных единиц и двигателей в целом.

Положительные результаты самопроверки дали возможность

в марте-апреле 1998 г. провести уполномоченными органами по сертификации системы "Оборонсертифика", "Центросерт" и "Союзсерт" сертификационные аудиты на соответствие требованиям МС ИСО 9002-94, на основании которых предприятию были выданы сертификаты соответствия.

С целью получения международного сертификата на СК был заключен договор на проведение сертификации с фирмой TUV CERT (Германия), в соответствии с которым в мае 1998 г. был проведен с положительными результатами сертификационный аудит аудитором ООО "Интерсертифика TUV". В июле 1998 г. фирма TUV CERT выдала предприятию сертификат соответствия СК требованиям МС ИСО 9002-94.

Однако на ММП "Салют" не остановились на достигнутом. Понимая, что для обеспечения и повышения качества продукции необходимо не только совершенствование системы качества, но и внедрение высокоэффективных средств измерений и диагностики, руководство предприятия приняло решение о приобретении 300 единиц нового оборудования, в том числе ведущих станкостроительных фирм Европы и Японии. Проведена реконструкция ряда производственных цехов и участков, постоянно совершенствуется система управления производством. Все это является залогом успешного освоения в сжатые сроки новых видов продукции и обеспечения заданного уровня качества.

DIGEST

The requirement for competitiveness of aviation engines set a difficult task to "Salute" Co. — to work out their own quality system (QS) and make restructuring in conformity with ISO standards. In 1994, an expertise of applied standardization system called for corrections and revisions more than 100 standards of a complex quality control system and issue 60 new standards. The whole work scope on preparation of manufacturing facilities and QS to certification was performed in 1995-1996 in 4 stages. These stages included: development of QS; training and certification of the company's personnel; implementation of QS in documentation and manufacturing; self-checking of the company's readiness to QS certification. As a result, in spring 1998, authorized certification bodies — Oboroncertifica, Centrocert and Soyuzcert — certified the company in conformity with ISO 9002-94. In July 1998, TUV CERT, Germany, confirmed conformity with these requirements by their own certificates.

FROM STABLE QUALITY TO CERTIFICATION

ИНФОРМАЦИЯ

ПРОБЛЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ



А. Книвель

Так была сформулирована тема всероссийского семинара, организованного по инициативе Министерства экономики РФ и Авиационного регистра Межгосударственного авиационного комитета (АР МАК). Семинар проводился 8 сентября 1999 г. Европееко-Российским Авиационным Центром (ЕРАЦ) на одном из известных предприятий авиационной промышленности — Федеральном Научно-Производственном Центре Московском машиностроительном производственном предприятии "Салют" (ФНПЦ ММП "Салют").



В работе семинара приняло участие 103 представителя от 59 предприятий, КБ и НИИ из Москвы и области, Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода, Смоленска, Самары, Улан-Удэ, Казани, Уфы, Перми, Саратова, Ростова-на-Дону, Новосибирска, Иркутска, а также французской фирмы VERITAS и специализированных периодических издательств.

На семинаре выступил начальник департамента авиационной промышленности Министерства экономики РФ Александр Книвель, отметивший своевременность и важность проведения семинара для выработки единой стратегии в вопросах обеспечения контроля разработки и производства авиационной техники (АТ). По его словам, проблема контроля качества в настоящий момент обострилась в связи с необходимостью интеграции отечественного авиастроения в мировую авиастроительную промышленность, а также тем, что долгое время в этом направлении мы шли своим оригинальным путем.

На семинаре отмечалось, что принятые важные решения по модернизации и гармонизации норм летной годности, по реализации требований к системам обеспечения качества с учетом международных норм и стандартов оказались своевременны, о чем свидетельствуют положительные результаты сертификации отечественных самолетов Ил-103 и Ил-96Т Федеральной авиационной администрацией США.

С приветствием к участникам семинара обратился генеральный директор ФНПЦ ММПП "Салют" Юрий Елисеев, подчеркнувший важность его проведения на серийном предприятии, где за 87-летнюю историю сложились замечательные традиции по обеспечению и контролю качества. Поэтому серийное производство многих новых авиадвигателей начиналось именно на ФНПЦ ММПП "Салют".

Одним из важнейших условий обеспечения стабильного качества продукции, отметил Ю. Елисеев является наличие высококвалифицированного руководящего и исполняющего персонала. И хотя с 1991 г. численность работников предприятия сократилась на 10 тыс. человек, сейчас наблюдается обратная тенденция. На "Салюте" разработана и действует система подготовки кадров.

Генеральный директор ознакомил участников семинара с перспективой развития предприятия, проинформировал о создании КБ перспективных разработок. Руководство ФНПЦ ММПП "Салют" связывает будущее предприятия не только с газотурбинными двигателями для самолетов и вертолетов, но и со стационарной и морской техникой — газоперекачивающими станциями, энергетическими установками, приводами для судовых двигателей и др.

Большое значение, подчеркнул Ю. Елисеев, придается контактам с зарубежными фирмами, в том числе с Kissling (Швейцария), Pratt & Whitney Canada, SNECMA (Франция) и другими. Такие контакты способствуют не только обеспечению своевремен-

ного выполнения заказов, но и совершенствованию производства и гармонизации требований к обеспечению качества.

С сообщением об опыте разработки и внедрения системы качества и ее сертификации выступил главный инженер ФНПЦ ММПП "Салют" Валентин Крымов. Он рассказал о методах обучения и аттестации персонала предприятия, а также о порядке обеспечения, управления и контроля качества продукции и труда.

С интересом участники семинара заслушали выступления заместителей председателя АР МАК А. Мишина и С. Инструментова о действующей системе сертификации объектов воздушного транспорта, в том числе о процедурах сертификации типа самолета и двигателей и серийного производства гражданской авиации, предусмотренных Авиационными правилами.

Генеральный директор ЕРАЦ В. Калманович проинформировал о деятельности этой организации и о программе европейских семинаров по сертификации АТ. Он подчеркнул, что ЕРАЦ координирует работы по решению проблем, возникающих в процессе сертификации типа самолета и двигателей, разработки и производства АТ, систем обеспечения и контроля качества. ЕРАЦ призван также решать вопросы вовлечения российского авиастроения в европейскую и в мировую промышленность, разрабатывать нормативную документацию, готовить специалистов для обеспечения участия отечественных авиапредприятий в программе создания аэробуса А-3ХХ на 650 пассажиров.

Участники семинара посетили ФНПЦ ММПП "Салют" и ознакомились в производственных цехах с функционированием сертифицированной системы качества на предприятии, с внедрением новой техники и технологий.

Семинар завершился дискуссией и единогласным принятием рекомендации руководителям предприятий авиационной промышленности совершенствовать системы качества, организовать работу по скорейшей их сертификации и приведения в соответствие с требованиями МС ИСО 9000, ГОСТ Р, АР МАК и Системы "Оборонсертифика".

Участники семинара обратились к АР МАК и органам Системы "Оборонсертифика" с просьбой расширить методическую и практическую помощь предприятиям по вопросам разработки, совершенствования систем качества и подготовки их к сертификации в соответствии с установленными положениями, а так же предложили им гармонизировать свои требования к этим системам и производству продукции гражданской и военной авиации.

На совещании отмечен положительный опыт ФНПЦ ММПП "Салют" в разработке и внедрении системы качества и хороший уровень подготовки и проведения семинара. Признано целесообразным продолжить практику проведения на предприятиях отрасли ежеквартального обмена опытом в области повышения качества и сертификации.



ПЕРВЫЙ

В РОССИИ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

ВТОРОЙ СТРАТЕГИИ

УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОМ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В 1997 г. Авиарегистр МАК выдал акционерному обществу "Авиадвигатель" дополнение №16-Д/12 к сертификату типа двигателя ПС-90А, которое разрешает управление ресурсом по второй стратегии. ПС-90А стал первым российским авиационным двигателем, удостоенным такого доверия.

Современный рынок предъявляет весьма жесткие требования к авиационным двигателям в части экономической эффективности при непременном обеспечении безопасности полетов. Важнейшей характеристикой двигателей, влияющей на экономические показатели при эксплуатации, является ресурс.

До недавнего времени существовал единственный подход к установлению и обоснованию ресурса двигателей (первая стратегия): эксплуатация двигателей разрешалась до момента выработки ими фиксированных (в часах или циклах) значений назначенного и межремонтного ресурсов. Двигатель передавался в эксплуатацию, как правило, с небольшим начальным ресурсом. Впоследствии для увеличения значений ресурса проводились летные и стендовые испытания полноразмерного двигателя.

Жесткие требования прямых испытаний двигателя имели своей причиной существовавший подход к проектированию, когда в проектировочных расчетах применялись относительно простые расчетные модели и нормированные запасы прочности, обоснованные обширным опытом проектирования схожих конструктивных элементов двигателя. Использование указанных методов позволяет выделить главные нагружающие факторы, основные составляющие напряженно-деформированного состояния деталей и обеспечить получение приемлемой оценки прочностных характеристик элементов конструкции двигателя. В отношении несущей способности деталей и их длительной прочности данный подход себя оправдал, и сегодня эти методы являются основными инструментами анализа на начальном этапе эскизного проектирования двигателя, когда определяются критические элементы конструкции, требующие повышенного внимания и дополнительной проработки, призванной снизить риск проекта.

В современных условиях обоснование ресурса на основе первой стратегии стало экономически невыгодно. При величинах ресурсов, исчисляемых тысячами часов и циклов, оно приводит к непомерным затратам времени и средств, существенно увеличивает стоимость каждой единицы (часа или цикла) устанавливаемого ресурса. В мировой практике для газотурбинных двигателей (ГТД) стали широко применяться новые подходы к управлению ресурсом, при которых он рассматривается как интегральный показатель качества (наряду с массой, удельным расходом топлива и пр.) с самого начала создания двигателя, т.е. в процессе ресурсного проектирования.

В России основные положения новой методологии разработаны в ЦИАМе. Ее суть состоит в реализации способа эксплуатации двигателя по техническому состоянию. В связи с этим отпадает необходимость в длительных испытаниях полноразмерного двигателя для подтверждения возможности увеличения ресурса. Основой для его увеличения являются:

— увеличенный объем инспекций состояния двигателя в эксплуатации;

— анализ состояния деталей двигателя (в заводских условиях) после различных этапов отработки ресурса лидерными экземплярами двигателя;

— обобщение опыта эксплуатации прототипов;

— обоснование назначенного ресурса основных деталей путем опережающих циклических испытаний (ЦИ) на стендах поузловой доводки вне двигателя (вторая стратегия) или расчетным путем на базе развитого банка данных по механическим свойствам материалов (третья стратегия).

Для основных деталей, т.е. таких, отказ которых может привести к опасным последствиям, наиболее важным повреждающим фактором является малоцикловая усталость матери-

ОАО "Авиадвигатель":

Александр Иноземцев, генеральный конструктор, д.т.н.

Игорь Андрейченко, начальник отдела прочности, к.т.н.

Владимир Сычев, начальник отделения

Юрий Пыхтин, консультант, к.т.н.

ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСА ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ В РАМКАХ ВТОРОЙ СТРАТЕГИИ



ала. При прогнозировании циклического ресурса помимо главных составляющих напряженно-деформированного состояния важно иметь адекватное представление о локальных особенностях полей напряжения и деформаций в зонах конструктивных концентраторов напряжения, а также об условиях взаимодействия деталей при работе в составе узла и двигателя.

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ РОТОРА ТУРБИНЫ

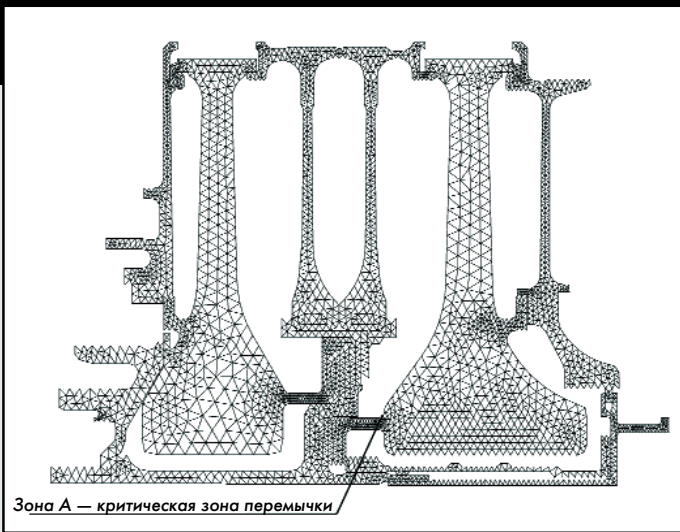


Рис.1

ля в целом. Для решения таких задач применяются современные расчетные модели, учитывающие:

- двух- и трехмерность напряженно-деформированного состояния детали;
- нестационарность тепловых полей в течение полетного цикла;
- особенности геометрии деталей;
- особенности сборки узла (посадки, прогибы деталей, затяжки);
- свойства материала при повторных нагружениях.

При переносе центра тяжести ресурсных испытаний с полноразмерного двигателя на спецустановки поузловой доводки безопасность полетов обеспечивается установлением степени эквивалентности процессов накопления повреждаемости в материале деталей в испытательном цикле на установке и в реальном эксплуатационном цикле нагружения. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- обобщить условия реальной эксплуатации и уточнить типовой полетный цикл двигателя по ряду термодинамических и механических параметров. Для ПС-90А это требование выполнялось с применением автоматической системы регистрации параметров двигателя "Диагноз 90" с последующей обработкой полетной информации в условиях базового аэропорта и на предприятии. Решение этой задачи позволило уточнить закономерности изменения параметров двигателя в полетном цикле и по мере увеличения наработки в эксплуатации и точнее сформулировать граничные условия при анализе теплового состояния наиболее напряженных деталей;

— разработать математические модели теплового состояния деталей ГТД, адекватно воспроизводящие стационарные и нестационарные тепловые поля в его узлах в течение полетного цикла. Эта задача была решена на основе обобщения результатов специальных испытаний по термометрированию узлов двигателя в целом и его газогенератора;

— создать прочностные модели, позволяющие учесть ряд особенностей поведения конструкции и материалов: контактное взаимодействие сопрягаемых деталей роторов, геометрическую и физическую нелинейности, особенности циклического и упругопластического деформирования.

В настоящее время эти задачи решены, и создан комплекс расчетных моделей, базирующийся на программно-алгоритмических разработках ОАО "Авиадвигатель". С помощью моделирования удалось уточнить характер деформирования материала в критических зонах деталей и, соответственно, повысить

качество прогноза циклической долговечности. Разработаны программы эквивалентно-циклических испытаний основных элементов ГТД на установках поузловой доводки, позволяющие воспроизводить условия взаимодействия деталей в составе двигателя. Благодаря этому выполнена отладка испытательного цикла с термометрированием, идентифицирована тепловая нагрузка узлов, проведен анализ кинетики напряженно-деформированного состояния в критических зонах деталей и дано обоснование степени эквивалентности испытательного и полетного циклов. Расчетная оценка циклической долговечности в типовом полетном и испытательном циклах выполнялась на основании обобщенных данных о свойствах малоциклового усталости материалов, либо по эмпирическим зависимостям типа Мэнсона.

Таким образом, комплексное решение перечисленных задач в рамках программы эквивалентно-циклических ресурсных испытаний основных деталей на спецустановках вне двигателя принципиально позволяет, не снижая безопасность полетов, избежать дорогостоящих ресурсных испытаний полноразмерного ГТД. Особенности конкретного применения изложенного подхода к ПС-90А состояли в том, что отдельные элементы и стратегия управления ресурсом в целом формировались параллельно с процессом проектирования, доводки и передачи двигателя в эксплуатацию; первоначальный ресурс двигателя был установлен в рамках первой стратегии.

В этой ситуации на основе применения моделей высокого уровня одновременно решались задачи трех типов:

- анализ качества проектирования конструкции основ-

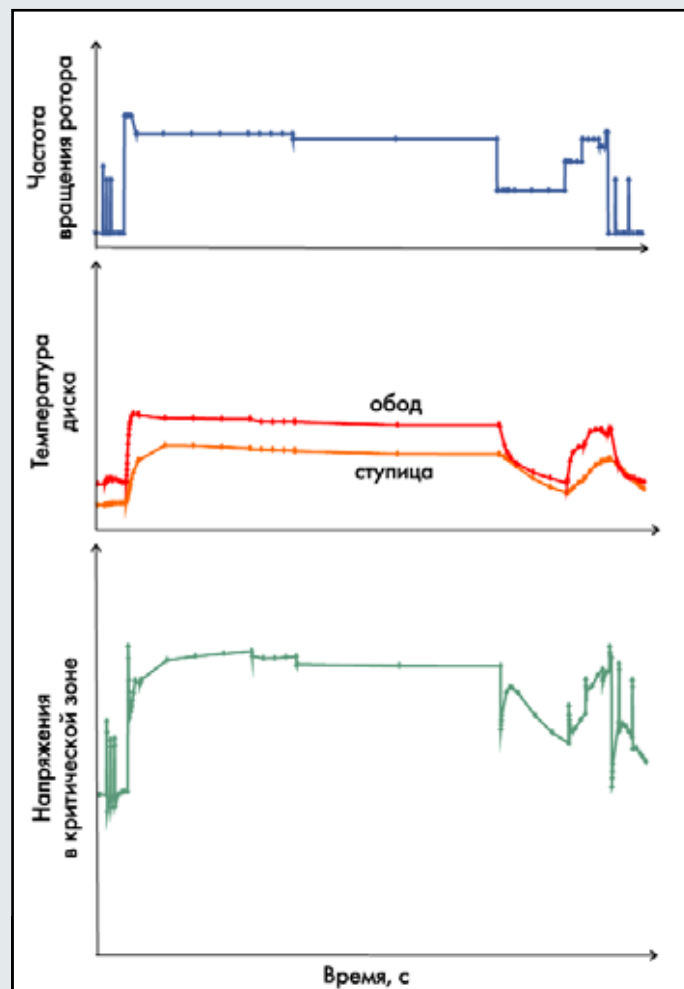


Рис.2

ГРАФИКИ НАГРУЖЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ А

ных деталей и разработка модификаций деталей с увеличенным ресурсом;

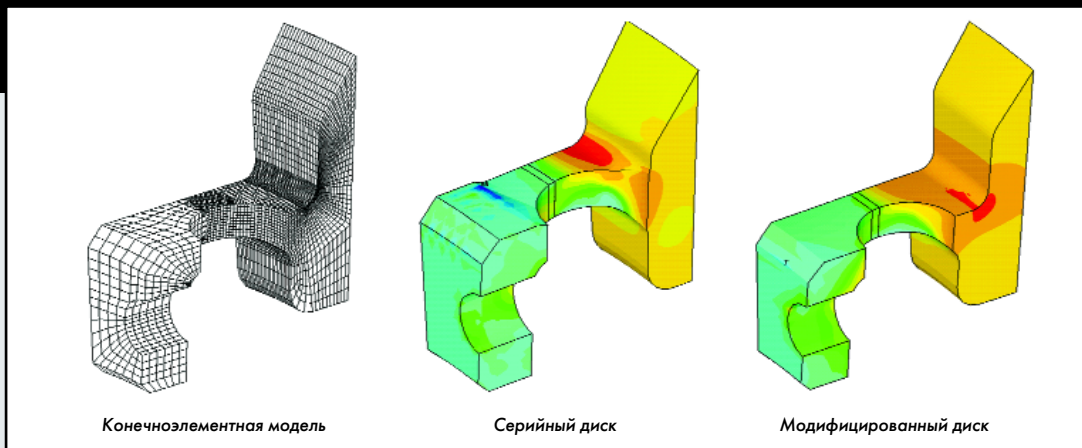
- обоснование программ эквивалентно-циклических испытаний основных деталей на спецустановках;

— более точная оценка ресурса по результатам выполненных ранее эквивалентно-циклических испытаний полноразмерного двигателя.

пряженно-деформированного состояния диска (рис. 3). В целом исследование реальной нагруженности конструкции и проработка модифицированного варианта позволили в рамках второй стратегии увеличить ресурс элементов крепления более чем в 4 раза в сравнении с серийным вариантом. В результате диск сертифицирован на ресурс 4200 циклов.

НАПРЯЖЕНИЯ В МАТЕРИАЛЕ ФЛАНЦА ДИСКА

Рис.3



В наиболее полном объеме комплексное решение задач обоснования ресурса было выполнено для ротора турбины высокого давления двигателя ПС-90А. Для серийной конструкции турбины в результате более точной оценки уже выполненной ранее программы ресурсных испытаний полноразмерного двигателя стало возможным увеличить ресурс почти вдвое.

Учет реальных условий и особенностей теплового и напряженно-деформированного состояний при циклическом нагружении ротора турбины позволил выявить наиболее слабые, ограничивающие ресурс элементы крепления диска второй ступени. Один из них — перемычка фланца крепления диска к валу ротора. Анализ характера ее деформирования показал существенное влияние соседних деталей, в частности, диска первой ступени. Стеснение деформаций фланца вала ротора приводило к жесткому нагружению перемычки фланца диска второй ступени. На рис. 1 представлена расчетная модель ротора турбины, а на рис. 2 показаны параметры нагружения критической зоны в полетном цикле: частота вращения ротора высокого давления, температура обода и ступицы этого диска, напряжение в перемычке фланца диска второй ступени.

Для реализации эквивалентного нагружения перемычки в условиях спецустановки разработана специальная конструкция вала установки, в которой воспроизводится стеснение деформаций фланца диска; эквивалентное нагружение замкового соединения диска с лопатками обеспечивается конструкцией имитаторов лопаток.

Это позволило повысить качество ресурсных испытаний элементов крепления диска второй ступени двигателя и модификаций диска с увеличенным ресурсом. В новой конструкции (доработка выполняется при ремонте) зона действия максимального изгибающего момента на перемычке фланца диска и концентратор в виде радиуса перехода между поверхностями этой перемычки и ступицы диска несколько разнесены в осевом направлении.

Экспериментальная проверка прямым тензометрированием серийного и модифицированного дисков в составе установки показала эффективность разработанных мероприятий — уровень деформаций в наиболее нагруженной зоне снизился почти на 30 %. Это соответствует результатам анализа на-

концентратора из зоны максимальной нагруженности. В новом варианте конструкции шлицы, центрирующие диски на валу, вынесены из-под полотна дисков той зоны, где в наибольшей степени проявляется нагружение ступицы окружающими напряжениями (рис. 4). Этот вынос шлицев потребовался лишь для дисков последних ступеней компрессора с относительно узкой ступицей. К настоящему времени новая конструкция сертифицирована на ресурс 10 000 циклов, что соответствует уровню требований к современным авиационным двигателям.

В целом, можно отметить, что методология управления ресурсом авиационных двигателей в последние годы получила значительное развитие. Правильная организация работ по увеличению эксплуатационного ресурса двигателей ПС-90А позволила с начала пассажирских перевозок (1993 г.) избежать принудительного съема двигателей с крыла по причине выработки ресурса основных деталей. В настоящее время отдельные двигатели, эксплуатирующиеся по техническому состоянию, отработали без съема в ремонт более 7000 ч, а лидерный — более 7600 ч. При этом индивидуальные наработки лидерных двигателей с учетом ремонтов составляют уже более 10 000 ч.

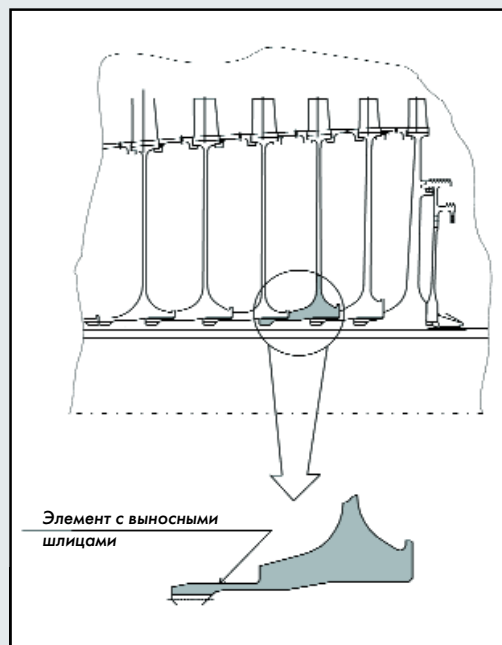


Рис.4

КОНСТРУКЦИЯ ДИСКОВ РОТОРА КВД

DIGEST

THE FIRST EXPERIENCE IN RUSSIA IN APPLICATION OF THE SECOND STRATEGY OF AVIATION ENGINE SERVICE LIFE CONTROL

Today's market puts forward strong requirements to aviation engines as to economic efficiency combined with flight safety. The most important engine characteristic having influence on economic parameters during operation is service life.

Up till now service life was proved by a certain number of full-scale engine tests. Today this approach is very expensive. When service life is several thousand hours this method causes unreasonable spending of time and money. Advanced methods of service life assessment require forecasting cyclic tests at component test rigs or calculations using databases of mechanical properties.

The correct arrangement of works aiming at service life increase of PS-90 engines made possible from the beginning of passenger transportation to avoid specially scheduled engine removal from wing caused by lifetime of main engine components. Today some engines under operation have accumulated 7,000 hr without overhauls and the leaders reached 7,600 hr. Individual engine hours exceed 10,000 hr.

ГИПЕРЗВУК —

ЭТО
РЕАЛЬНОСТЬ

Геннадий Щепин,
заместитель руководителя ТМКБ "Союз"
Александр Терёшин,
ведущий конструктор ТМКБ "Союз",
руководитель темы "Гиперзвуковые Технологии"

Исследования перспектив развития высокоскоростных летательных аппаратов различного назначения показали, что наиболее эффективными двигателями, работающими в атмосфере Земли на разгонном и маршевом участках траектории полета с числами $M > 4$, являются гиперзвуковые прямоточные воздушно-реактивные двигатели (ГПВРД). В последние годы были проведены испытания гиперзвуковой летающей лаборатории (ГЛЛ) "Холод", доказавшие в летном эксперименте возможность устойчивой работы таких двигателей. Тураевское МКБ "Союз" принимало непосредственное участие в первых исследованиях ГПВРД на этой ГЛЛ. В настоящее время в ТМКБ "Союз" ведутся работы и над другими конструкциями ГПВРД.

Проведенные расчетно-теоретические и экспериментальные исследования для конкретных режимов и условий полета перспективных летательных аппаратов (ЛА) позволили определить облик ГПВРД, его рациональные геометрические и массовые параметры, а также достигаемые высотно-скоростные и тягово-экономические характеристики. В отличие от осесимметричного двигателя ГЛЛ "Холод" исследовались ГПВРД плоской конфигурации, обеспечивающие высокую интеграцию с корпусом ЛА.

В экспериментах использовались модели без горения ("холодные") и с горением. На "холодных" отработывались воздухозаборные устройства и их взаимодействие с камерой сгорания. На моделях с горением исследовался рабочий процесс в камере сгорания и его влияние на работу воздухозаборника.

В качестве топлива в камерах сгорания применялся или водород, или жидкое углеводородное топливо (керосин), или их сочетание. При этом имелось в виду, что для ЛА, эксплуатируемых на скоростях полета, соответствующих числам $M < 7$, рационально использовать керосин, а числам $M > 6$ — водород.

В качестве конструкционных материалов в моделях камер сгорания и воздухозаборников применялись жаростойкие порошковые сплавы, разработанные в ЦНИИчермет им. И.П. Бардина и НТЦ "Материалы и технологии". Эти сплавы не требуют специальных защитных покрытий и способны работать при 1200...1600 °С.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГПВРД
(наземные исследования)

| Наименование | Значение |
|--|------------------|
| Диапазон работы по числу M | 5...6,2 |
| Расход воздуха, кг/с | До 2,5 |
| Виды топлива | Водород, керосин |
| Расход испаренного топлива, г/с | До 60 |
| Масса модуля, кг | 60 |
| Суммарная огневая наработка изолированной камеры сгорания, мин | 180 |
| Суммарная огневая наработка модуля при внешнем обдуве, мин | 60 |

Экспериментальные образцы ГПВРД, конструктивно объединяющие воздухозаборник, камеру сгорания и сопло, были детально исследованы на наземных стендах ЦАГИ и ЦИАМ при внешнем обдуве набегающим воздухом. В частности, на наземных стендах были исследованы:

- воздухозаборник при числах $M = 3..6$ и $Re = 10^6$;
 - камера сгорания при числах $M = 2..2,5$ и $T_0 = 1100..1930$ К на входе;
 - работа камеры сгорания и воздухозаборника в составе модуля при числах $M = 5..6,2$ и $T_0 = 800..1970$ К;
 - системы запуска ГПВРД, топливоподачи и распыления топлива.
- Основными результатами наземных исследований явились:
- подтверждение возможности осуществления устойчивого рабочего процесса в ГПВРД с реализацией сверхзвукового горения

топлива в камере сгорания ($M_{кс} = 1,1...1,2$);

- получение устойчивого воспламенения и горения топливоздуш- душной смеси;
- доведение полноты сгорания до 0,95 при оптимальных соче- таниях геометрических параметров проточной части ГПВРД и топли- вовоздушной смеси;
- сохранение целостности основных элементов ГПВРД на всех режимах.

Вполне естественно, существующая наземная экспериментальная база не в состоянии обеспечить полное моделирование всех условий комплексного воздействия на двигатель аэродинамических и тепловых нагрузок при полете со скоростями, соответствующими числам $M > 6$. Для проведения дальнейших работ необходимо применение летатель- ных аппаратов — лабораторий, обеспечивающих высоты и скорости полета реального высокоскоростного летательного аппарата.

Использование высокоскоростной летающей лаборатории позво- лит:

- отработать запуск ГПВРД и проверить устойчивость рабоче- го процесса горения топлива в диапазоне чисел $M > 6$;
- определить тягово-экономические характеристики ГПВРД при $M > 6$;
- оценить тепловое состояние и теплозащиту элементов двигателя;
- дать сравнительный анализ характеристик воздухозаборного устройства и камеры сгорания, полученных в аэродинамических тру- бах и в полете, уточнить методы пересчета результатов модельных испытаний на натурные.

Для этих целей ТМКБ "Союз", МКБ "Факел" и ФГУП "ВПК "МАПО" совместно разработали высокоскоростную летающую лабораторию, позволяющую исследовать ГПВРД на режимах с числами $M = 2...10$. Лаборатория представляет собой экономич- ный универсальный летно-экспериментальный комплекс, включа- ющий самолет-носитель и гиперзвуковую летающую лабораторию с исследуемым ГПВРД.

Применение самолета-носителя в качестве разгонной ступени для запуска летающей лаборатории позволяет по сравнению с на- земным стартом значительно снизить ее стартовую массу благодаря приданию ей начальной скорости $M = 2...2,5$ и подъему на высоту до 20 км.

В качестве носителя служит надежно зарекомендовавший себя в эксплуатации самолет МиГ-31. Подвеска ГЛЛ осуществляется под фюзеляжем самолета на штатных уз- лах крепления.

Для получения требуемых чисел M поле- та ГЛЛ предлагается использовать РДТТ ра- кеты 40Н6 (разработка МКБ "Факел"), изго- товленный в опытном производстве и прошедший летные испытания.

Носовая часть ГЛЛ содержит один или два эксперименталь- ных модуля ГПВРД, размещенных на боковой поверхности кор- пуса. Такое размещение позволяет добиться максимального по- добия работы воздухозаборников в эксперименте и в реальных условиях. В отсеках корпуса ГЛЛ находятся элементы обеспече- ния работы ГПВРД.

Программа запуска ГЛЛ включает несколько этапов:

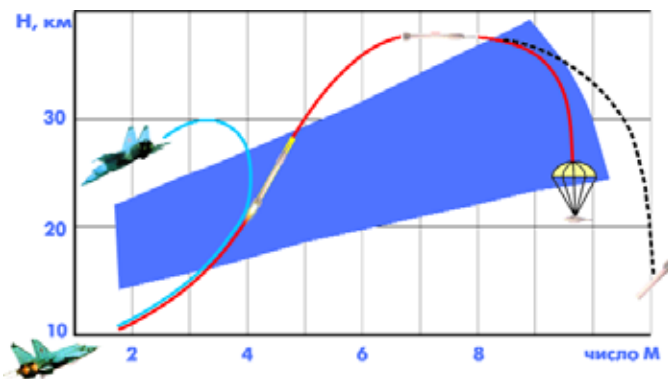
1. Самолет-носитель МиГ-31 с подвешенной ГЛЛ производит разгон в горизонтальном полете на высотах 15...17 км в течение

50...60 с до чисел $M = 2,5...2,6$, затем переходит в режим полета "горка" с вертикальной перегрузкой $n_y = 2,5...3$.

2. При достижении угла наклона траектории 20...30° осуществ- ляется отделение ГЛЛ.

3. Запуск разгонного ускорителя производится через 3...5 с после отделения от самолета-носителя. Ускоритель работает примерно 25 с и разгоняет ГЛЛ до скорости, соответствующей числу $M = 10$. Полет на активном и пассивном участках происходит по баллистиче- ской траектории с нулевым углом атаки. Включение исследуемого модуля может производиться на любом участке полета.

ОБЛАСТЬ ПОЛЕТНЫХ РЕЖИМОВ ГЛЛ



Предлагаемый вариант ГЛЛ обеспечивает эксперименты в диа- пазонах высот $H = 15...40$ км, скоростей, соответствующих числам $M = 1,8...10$, и скоростного напора $q = 1000...20\,000$ кгс/м². Макси- мальное время работы ГПВРД составляет 40 с.

В настоящее время в ТМКБ "Союз" отработана технология изго- товления модулей, изготовлены и сами ГПВРД. Кроме того, имеются в наличии РДТТ 40Н6 и самолет-носитель МиГ-31. Все это позволит с минимальными затратами обеспечить начальный этап исследований ГПВРД на ГЛЛ. По сравнению с существующими концепциями ГЛЛ

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ГПВРД

| Материал | Плотность, г/см ³ | Предельная температура применения в воздушной среде, °С | Области применения |
|--------------------|--|---|------------------------------------|
| NiAl | 5,9...6,4 (деформируемые) 4,8...5,8 (спеченные) | 1600 | Тепловая защита |
| Ni ₃ Al | 7,3...7,4 (деформируемые) 5,8...7,2(спеченные) | 1300 | Нагруженные элементы конструкции |
| Fe-Cr-Al | 7,0...7,2 (деформируемые) 6,5...7,0 (спеченные) | 1450 | Рубашка охлаждения, пилоны, кромки |
| Никелевые сплавы | 8,0...9,0 | 1200 | Нагруженные элементы конструкции |

("Холод", "Радуга-Д2", "Игла") рассматриваемый вариант, обеспечи- вающий исследования до чисел $M = 10$, представляется как наиболее экономичный и реальный. Тураевское МКБ "Союз", МКБ "Факел" и ФГУП "ВПК "МАПО" приглашают к сотрудничеству организации, же- лающие принять участие в подготовке и проведении экспериментов, обработке полученных результатов и последующем их использо- вании. Свои предложения направлять по адресу:

Россия, 140061, г. Лыткарино, Московской обл., ТМКБ "Союз".
Тел.: (7+095) 552-0706, факс: (7+095) 552-5700.

DIGEST

A study of future prospects for multi-purpose high-speed flight-vehicles showed that the most efficient engines providing flight at Mach number > 4 are hypersonic ramjets. Models of these engines were developed by Turaevo MDB "Soyuz". The 60-kg ramjets were produced from superalloys and provided max 60-g/s consumption of vaporized fuel (hydrogen, kerosene). The 1-st stage of ramjet tests was performed at ground test benches at Mach number = 5.0-6.2.

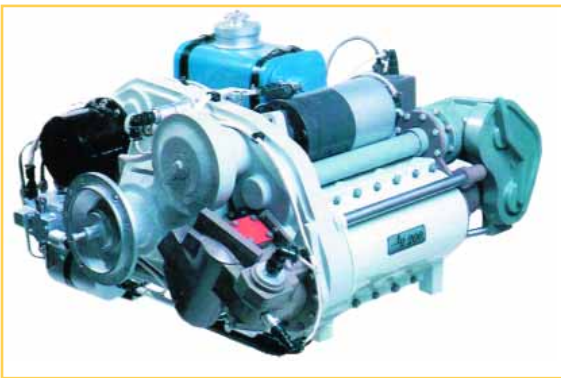
Future tests are supposed to be on a hypersonic flight laboratory (HFL). For this purpose TMDB "Soyuz" in collaboration with "Fakel" Moscow DB and FGUP "VPK "MAPO" developed a highly efficient multi-purpose flight experimental complex. The complex includes MiG-31 carrier which is used for air start of HFL powered by an experimental ramjet. The air start of HFL would guarantee tests at Mach number = 2-10, flight altitude = 15-40 km and $q=1000-20,000$ kgf/m² (dynamic head). Upon modifications of ramjet ground test versions it is scheduled to start flight testing of ramjet-powered HFL.

ЭКЗОТИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ В АВИАЦИИ:

ПЕРСПЕКТИВА ИЛИ ТУПИК?

Александр Гомберг

Судя по тому, что пытаются предложить на рынок малой авиации разработчики новой техники, нетрудно вообразить такой монолог конструктора: *"Двигатели — газотурбинные и поршневые, поршневые и газотурбинные, неужели больше ничего нет? Что-нибудь новенькое, свеженькое, наука-то вперед ушла, а мы все летаем на каком-то старье. Давайте поищем, журнальчики технические полистаем, книжки умные, учебники есть, наконец. Что-нибудь да найдем, а то и сами придумаем: и чтобы вес был маленький (авиация все-таки), и*



чтобы топлива лишнего не ел (экономика должна быть на высоте), и чтобы изготавливался за одну операцию — хлоп — и готово". Такие настроения, похоже, вполне характерны для отечественных двигателистов. Моторов для авиации общего назначения (АОН) своих нет, а импортные — не по карману участникам нашего рынка. Ситуация усугубляется тем, что настоящая научная школа по малогабаритным двигателям внутреннего сгорания (ДВС) традиционной схемы у нас, к сожалению, уже утрачена.

Вот и растут как грибы после дождя в этом, теперь чистом поле "суперновые" экзотические проекты. Но ведь на самом деле многие из новомодных идей вовсе не новы и лишь подтверждают старую истину "все новое — хорошо забытое старое". Памятуйа об этом, попытаемся быстренько пробежаться по наиболее интересным схемам, останавливаясь лишь на наиболее "продвинутых", а также на тех, которые, по нашему мнению, все-таки содержат рациональное зерно. Мы намеренно не будем останавливаться на конкретных разработках, дабы анализировать только общие тенденции.

Вот и растут как грибы после дождя в этом, теперь чистом поле "суперновые" экзотические проекты. Но ведь на самом деле многие из новомодных идей вовсе не новы и лишь подтверждают старую истину "все новое — хорошо забытое старое". Памятуйа об этом, попытаемся быстренько пробежаться по наиболее интересным схемам, останавливаясь лишь на наиболее "продвинутых", а также на тех, которые, по нашему мнению, все-таки содержат рациональное зерно. Мы намеренно не будем останавливаться на конкретных разработках, дабы анализировать только общие тенденции.

Дизель — самый экономичный ДВС

Наземные транспортные средства привычно оснащаются современными быстроходными дизельными двигателями, которые на легковых автомобилях успешно конкурируют с бензиновыми моторами, а на грузовиках практически полностью вытеснили последние. Объяснить это нетрудно — повышенная степень сжатия обеспечивает более высокий КПД со всеми вытекающими последствиями, включая малый расход топлива, стоимость которого существенно ниже, чем у высокооктановых бензинов. Технический уровень современных дизельных моторов обеспечивает им очень большой ресурс, а значит и низкую стоимость перевозок, небольшие затраты на техническое обслуживание и ремонт.

В Германии и Советском Союзе в тридцатые-сороковые годы авиационные дизели специальной конструкции выпускались се-

рийно и были доведены до стадии летной эксплуатации. Столкнувшись с рядом проблем, важнейшей из которых оказалась недостаточная надежность двигателей, авиаторы отступили. Известны попытки создания дизеля на базе классического бензинового авиадвигателя. Кроме того, разрабатывался опытный дизель со звездообразным расположением цилиндров, однако неизвестно, по каким причинам его доводка была прекращена.

Преимущества дизельного двигателя становятся более явными с увеличением дальности полета, но удастся ли дизелю потеснить бензиновые моторы в классе мощности до 400 л.с.? По крайней мере, поиск новых решений здесь возможен. Такие попытки делаются и в России, и за рубежом, однако в настоящее время авиадизели серийно не выпускаются. Стоит обратить внимание на то, что дизельные силовые установки могут оказаться весьма подходящими для дирижаблей, термопланов и других видов аэростатических ЛА.

"Ванкель" — он же РПД

ДВС без поршня, шатуна, пальцев — давно уже реальность. Почти треугольный в плане ротор, совершая сложное вращательное движение внутри статора, сечение которого, так называемая эпитрохоида, обеспечивает изменение объема в зазоре, позволяющее организовать почти нормальный четырехтактный рабочий цикл. Отсутствие возвратно-поступательного движения — основное преимущество этого двигателя. Эта схема у нас (и только у нас!) называется роторно-поршневой, несмотря на то, что поршня-то здесь как раз и нет. По всей видимости, это название возникло в те времена, когда не желали особенно вспоминать фамилию автора: ведь он же иностранец. РПД могут иметь одну, две или три секции. Ну, а недостатки? Их, конечно, тоже хватает: это неоптимальная форма камеры сгорания, сложная проблема уплотнений — торцевых и радиальных, неудобство смазки. По ресурсу и надежности современные "Ванкели", тем более — авиационные, пока уступают классическим "поршневым".



Известны случаи экспериментальных полетов на самолетах с РПД, однако, на наш взгляд, пока их рационально применять на беспилотных ЛА или на пилотируемых ультрапалаятах, для которых характерны небольшая продолжительность полета и относительно малый общий ресурс (например, ЛА для одноразового приме-

нения). В этом случае использование воздушного охлаждения и открытой системы смазки (топливо плюс масло) обеспечивает простоту конструкции и достаточную степень надежности. Создание авиационных двигателей РПД вполне реально, но им надо подыскать оптимальные сферы применения.

"Бесшатунник" Баландина

Если мы не можем избавиться от возвратно-поступательного движения, то можно попробовать устранить хотя бы боковые силы, возникающие в кривошипно-шатунном механизме, ликвидировать недостатки, связанные с перекладкой поршня в мертвых точках, то есть попытаться по возможности оставить только линейные перемещения поршня. Один из наиболее рациональных вариантов решения этой задачи предложил инженер Баландин.

В результате были получены очень хорошие условия для работы поршня, резко увеличился ресурс пары трения "поршневое кольцо — гильза цилиндра", а вот механизм преобразования поступательного движения во вращательное оказался слабым местом, поскольку его надежность значительно уступает кривошипу. В разное время автор и его последователи разработали несколько экспериментальных образцов двигателей, но серийно они не выпускались. Однако достоинства конструкции, предложенной Баландиным, до сих пор тревожат умы разработчиков.

"Аксиально-поршневой" — мотор из револьверного барабана

Очень компактный мотор получается, если расположить цилиндры двигателя не в ряд и не "звездой", а вокруг выходного вала так, чтобы оси вала и цилиндров были параллельны. Тем более, что существуют и широко применяются плунжерные насосы, конструктивная схема которых аналогична. Возможны два механизма преобразования движения:

- шток поршня, почти как в плунжерном насосе, скользит по поверхности профилированной шайбы;
- штоки опираются на жестко связанные с качающейся шайбой коромысла, вращающие вал двигателя.

Первая схема была опробована еще в двадцатые годы (образец есть в музее ВВС в Монино), вторая реализована и оп-

робована в НАМИ. В первом случае остались нерешенными вопросы прочности и жесткости роликовой дорожки профилированной шайбы: чересчур велики оказались циклические контактные напряжения. Во втором случае препятствием являются тяжелые условия работы сферических шарниров-подшипников. В принципе, могут быть использованы и обычные цилиндрические подшипники, но при этом нормально компонуются только два цилиндра, а для получения хороших показателей необходимо не менее пяти.



Резюмируя, отметим: для потребителей не имеет значения, по какой схеме выполнен мотор летательного аппарата — лишь бы он имел необходимую мощность, соответствовал современному техническому уровню и требованиям нормативов летной годности; желательно, чтобы и цена у него не была "заоблачной". Сложившиеся экономические условия диктуют производителю весьма прагматичную манеру поведения: сосредоточить все усилия и средства на разработке надежного и недорогого двигателя, на котором можно летать в нашем российском небе при нашем российском уровне сервиса. "Доводка до ума" любого из двигателей нетрадиционной схемы, на самом деле, требует вложения огромного количества денег, времени и сил. Относительно быстро и без особого риска практический результат можно получить, лишь взяв на вооружение... отработанные классические схемы двигателей и внедрить их в серийное производство. Только вслед за этим можно попытаться реализовать нечто принципиально новое.

DIGEST

Surprisingly, but today, in our uneasy economic situation, almost all Russian designers of aviation internal-combustion engines take a great interest in such unusual engines scheme as Vankel's engine. As a result, we can't find our own Russian engines for general aviation and can't afford importing them. The situation is dramatized by the fact that our scientific school in small internal-combustion engines of traditional schemes has been, unfortunately, lost. As to customers, it is not important for them what schemes are used in aircraft engines — the only things of care are power, cost and meeting current technical requirements and airworthiness directives. It is possible to get technical results very quickly and without any risk if we arm ourselves with well-known classical engine schemes. Only after putting them into series production we could make attempts in developing something innovative.

EXOTIC ENGINES IN AVIATION — PROGRESS OR DEADLOCK?

Российский фонд технологического развития
Министерства науки и технологий РФ
ОБЪЯВЛЯЕТ КОНКУРС

КОНКУРС

"Разработка авиационного поршневого двигателя в классе мощности 60 л.с. для ультралегких пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов"

Цель конкурса:

- создание конкурентоспособного авиационного поршневого двигателя, способного пройти сертификацию в соответствии с требованиями АП-33;
- выпуск комплекта технической и технологической документации, для организации серийного производства разработанного двигателя и создания его модификаций.

Заявки на участие в конкурсе на финансирование из средств фонда принимаются от юридических лиц с любой формой собственности, способных доказать наличие инженерного потенциала, опыта, положительной репутации, необходимых трудовых ресурсов и материально-технической базы, исполняющих свои обязательства по уплате налогов и обязательных платежей.

К заявке, оформленной в соответствии с действующим Регла-

ментом фонда, должен прилагаться эскизный проект на двигатель.

Срок представления проектов на участие в конкурсе — не позднее 60 дней после опубликования данного объявления. Представленные на конкурс материалы авторам не возвращаются. Проекты, оформление которых не соответствует правилам, а также представленные по истечении указанного срока, не регистрируются и не рассматриваются.

Документацию по правилам оформления проектов, содержанию требований технического задания, параметрам разрабатываемых установок и условиям проведения конкурса можно получить по адресу:

103095, Москва, Брюсов пер., 21, стр. 1.
Российский фонд технологического развития.
Тел.: (095) 229-8514, E-mail: gubarev@minstp.ru

В ПОИСКАХ ОПТИМАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ

Всеволод Михальцев, профессор, д.т.н.

Задачей конструктора перспективного теплового двигателя является создание совершенного объекта, превосходящего по эффективности современные установки. При этом в понятие эффективности в зависимости от назначения и области работы теплового двигателя может вкладываться различный смысл и, соответственно, могут изменяться методы и результат проектирования.

Техническое совершенство, например, авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) в настоящее время существенно превосходит совершенство двигателей других типов по большому числу основных показателей. Известны преимущества авиационных ГТД по величинам коэффициентов надежности, готовности и некоторым другим. Так, КПД и степень повышения давления у авиационных двигателей превышают значения аналогичных параметров современных простейших газотурбинных установок (ГТУ) и находятся на том же уровне, что и у перспективных стационарных ГТУ. Технология изготовления сложных элементов авиационных ГТД до последнего времени была более совершенной, чем технология, принятая на заводах, выпускающих стационарные ГТУ. Тем не менее, по общему ресурсу, времени работы между капитальными ремонтами, по потреблению более дефицитного и дорогого топлива, а также из-за большей стоимости обслуживания и ремонта эти машины уступают стационарным и транспортным установкам и двигателям.

Совершенство двигателей, имеющих различное назначение, может, таким образом, оцениваться различными критериями. Соответственно и двигатели могут иметь различные оптимальные значения параметров, а это в свою очередь обуславливает и различные методы проектирования. Для создания совершенного двигателя необходимо сформулировать определенный критерий эффективности ГТД, экстремальное значение которого должно соответствовать максимальному качеству теплового двигателя для конкретной области применения.

Комплексный критерий эффективности (КЭ) или обобщенная система критериев эффективности, позволяющая однозначно оценивать качества сравниваемых двигателей, до сих пор отсутствует. Обоснование комплексного КЭ — весьма сложная задача, поскольку такие КЭ должны учитывать и назначение двигателя, и условия его эксплуатации, и категории полезного эффекта, который предполагает получить заказчик. Анализ современных условий, сложившихся в промышленности и на рынке, позволяет сформулировать четыре категории КЭ — технический, экономический, коммерческий и гуманистический.

Технический КЭ зависит от параметров двигателя, его схемы и технологии изготовления. Он определяется при проектировании двигателя, уточняется при его изготовлении и учитывает мощность или силу реактивной тяги, удельные массу и объем двигателя, его КПД на номинальном и переменных режимах, удельный расход топлива. К техническому параметру можно отнести и стоимость двигателя, хотя она зависит не только от конструкции, но и от переменной стоимости производства. Поскольку один и тот же двигатель может быть использован в различных областях народного хозяйства с различной полезной отдачей, технические КЭ, позволяющие оценить качества двигателя, могут быть различными.

Экономический КЭ может быть использован, в частности, в виде такого показателя, как удельные приведенные затраты на реализацию полезного эффекта, достигаемого данным двигателем. В стационарной энергетике это стоимость единицы энергии, на транспорте — стоимость перевозки на расстояние 1 км тонны груза или пассажира, на насосных станциях, в промышленных установках и металлургии — стоимость единицы перекачанной массы. Значения всех указанных параметров могут служить основой для выбора дви-

гателя, они связаны как с техническими параметрами, так и со стоимостными, зависящими от принятых законов в регионе и налоговой политики государства. Весьма важной составляющей экономического КЭ является стоимость топлива, которая сильно влияет на выбор технических параметров ГТД.

Коммерческий КЭ позволяет оценить достоинства двигателя, если целью предпринимателя, производящего двигатель, является увеличение вложенного капитала. Такими критериями являются максимальная прибыль, быстрота окупаемости и иные подобные коммерческие показатели. Экстремальное значение коммерческого КЭ не может гарантировать высокие технические качества перспективного теплового двигателя, чаще оно соответствует простому дешевому двигателю с невысоким КПД.

Упомянутые три КЭ соответствуют удовлетворению современных требований заказчика и предпринимателя, направленных на получение материальной выгоды от производства и эксплуатации двигателя, но не принимают во внимание интересы человека и улучшение условий его обитания. По этой причине, необходимо ввести еще один критерий, гуманистический.

Гуманистический КЭ может способствовать удовлетворению упомянутых требований как для выбора оптимальной перспективы развития тепловых двигателей, так и для максимального обеспечения интересов современного человека и его потомков. Первое условие, наиболее простое, соответствует надежности двигателя и обеспечивается современными весьма совершенными методами прочностных расчетов. Второе условие предполагает поддержание постоянными состава, температуры, шумовой и вибрационной характеристик окружающей среды: воздуха, воды в водоемах, растительности и плодородного слоя земли. Эти условия поддерживаются в соответствии с требованиями экологии, принимаемыми в государствах законами и международными нормами, запрещающими эксплуатацию или обуславливающими уплату штрафов предприятием при нарушении работающим объектом узаконенных норм.

Установление допустимых норм на содержание токсичных элементов в продуктах сгорания и наложение штрафов при нарушении этих норм — не лучший способ борьбы за экологическую чистоту, так как указанные меры не способствуют последовательному улучшению двигателя. Целесообразнее установление оплаты за потребление в энергоустановке природных элементов, предусматривающее прогрессивное увеличение оплаты с ростом процентного содержания в выхлопах токсичных веществ и повышением их температуры. Такой метод позволяет стимулировать непрерывное усовершенствование двигателя и, следовательно, удешевление стоимости его эксплуатации из-за снижения стоимости потребляемых воды и воздуха. Уменьшение температуры уходящих продуктов сгорания будет способствовать повышению КПД энергоустановки и уменьшению удельного расхода топлива, т.е. повышению технического КЭ энергоустановки.

Особого внимания требует согласование технических и экономических критериев эффективности для стационарных и транспортных двигателей. Снижение удельной массы или удельного объема теплового двигателя выбранной схемы обусловлено обычно повышением температуры газов перед турбиной, а следовательно, связано с увеличением жаропрочности и стоимости применяемых металлов или усложнением системы охлаждения элементов турбины, что вызы-

вает удорожание технологии изготовления этих элементов. Поэтому снижение массы и объема может сопровождаться не уменьшением стоимости двигателя, а ее увеличением. Это обстоятельство требует различного отношения к снижению массы в стационарных и транспортных, прежде всего в авиационных силовых установках. В авиационных ГД уменьшение массы двигателей позволяет увеличить полезную нагрузку самолета или дальность его полета при увеличении запаса топлива. В стационарных энергоустановках облегчение конструкции или уменьшение размеров сказывается лишь на удешевлении их перевозки и монтажа, что, как правило, слабо или вовсе не оправдывает повышения стоимости установки. По степени целесообразности уменьшения массы и увеличения стоимости двигателя наземных транспортных средств занимают промежуточное положение между стационарными и авиационными силовыми установками.

В связи с указанным техническое совершенствование ГД путем повышения температуры газов перед турбиной наиболее обосновано в авиационных двигателях, слабее его влияние в транспортных, а меньше всего — в стационарных ГТУ. Создание парогазовых установок оправдывает в некоторой степени повышение температуры газа в ГТУ, однако это направление сопровождается дополнительными трудностями при конструировании и эксплуатации энергоустановок (ЭУ) и приводит к повышению их удельной стоимости.

Основное направление конверсии авиодвигателестроения должно заключаться в максимальном использовании оборудования, передовой технологии, накопленного опыта конструкторских бюро авиационных заводов, а вовсе не в применении новых авиационных двигателей в "стационарной" энергетике. Это становится все более насущным, поскольку с развитием тепловых двигателей началось уничтожение невозобновляемых энергетических ресурсов Земли. И если в начале XIX века их запасы могли казаться неограниченными, как вода и воздух, то в конце XX века разведываемые объемы горючего в 2...3 раза меньше, чем расходуется в энергоустановках за тот же период времени, а запасы жидкого и газового легко добываемого топлива исчисляются десятками лет. Очевидно, следует искать реальные пути экономного расхода горючего, чтобы не лишиться наших ближайших потомков ценностей, созданных природой.

С целью совершенствования тепловых двигателей серьезные работы проводятся в исследовательских организациях и крупных фирмах, готовятся специалисты в технических учебных заведениях. Исследования с относительно коротким сроком реализации ведутся как в интересах улучшения существующих энергетических объектов, так и для создания новых перспективных энергоустановок. К сожалению, результаты таких работ используются далеко не всегда, не полностью и часто с большой задержкой. Это можно объяснить противоречиями между критериями эффективности двигателей, которыми руководствуются ученые, техники и промышленники в своей деятельности.

В качестве примера можно сравнить два перспективных энергетических тепловых двигателя равной мощности с одинаковыми значениями коммерческого КЭ — например, с равным значением удельной приведенной стоимости производимой энергии. При этом двигатель № 1 — дешевый и менее экономичный, двигатель № 2 — более экономичный, но дорогой. После выработанного равного ресурса коммерческий эффект у обоих двигателей будет одинаковым, т.е. будет получено равное количество электроэнергии, возвращен объем капиталовложений, уплачен ежегодный процент на полученную в банке ссуду и получена одинаковая прибыль. Но в результате эксплуатации двигателем № 1 будет использовано больше топлива, чем двигателем № 2, т.е. масса невозобновляемых источников энергии в Земле уменьшится значительно. Это указывает на более низкую величину гуманистического КЭ у двигателя № 1 при одинаковых

коммерческих КЭ обоих двигателей. Подобная ситуация возникает в данном случае по причине низкой стоимости ограниченных запасов органического топлива по сравнению с составляющими удельной приведенной стоимости, связанными с капитальными затратами (коэффициентами амортизации и нормативными коэффициентами).

Такая противоречивость рассмотренных КЭ может быть исправлена лишь за счет увеличения стоимости топлива при включении в нее "натуральной составляющей" по аналогии с дифференциальной земельной рентой на плодородные земли. Если бы количество плодородной земли было не ограничено, т.е. ее было бы столько же, сколько воды и воздуха (писал К. Маркс в середине XIX века), то дифференциальная рента отсутствовала бы. Но в конце XX века не только топлива значительно меньше, чем воды и воздуха, но даже этих элементов природы не хватает для неограниченного развития энергетики.

"Стоимость естественной составляющей в конечной цене всех без исключения природных ресурсов искусственно занижена. Ее увеличение даст возможность решать ресурсные проблемы более эффективно".

Андрей Яблоков, академик РАН

Как известно, стоимость топлива обуславливается затратами на разведку, добычу, очистку, переработку, перевозку, хранение и пр. Ограниченность запасов топлива позволяет включить в стоимость топлива и "натуральную составляющую", которую можно, например, исчислять по стоимости тепловой энергии при использовании возобновляемых или вечных источников энергии — солнечной, ветровой, приливной. В настоящее время стоимость получения энергии от этих источников относительно велика. Весьма вероятно, что она будет несколько снижаться в связи с совершенствованием способов получения этого вида энергий, поэтому и натуральная составляющая стоимости невозобновляемых видов топлив должна также уменьшаться. Однако, несмотря на это, цена на эти топлива все же будет расти в связи с их возрастающей дефицитностью. Указанное увеличение стоимости топлива может быть осуществлено государством при назначении налога на добычу ископаемых топлив. Могут быть применены и другие методы оплаты добываемых подземных природных богатств государства.

Увеличение стоимости органического топлива будет способствовать увеличению конкурентоспособности ЭУ, работающих на вечных, возобновляемых и нетрадиционных источниках энергии, интенсификации их совершенствования, и обеспечит более экономичный расход невозобновляемых природных горючих. Коммерческий КЭ, в котором стоимость эксплуатации двигателя определена по расходу топлива с учетом натуральной составляющей стоимости топлива, может быть использован при выборе приоритетного направления проектирования перспективных ЭУ. Развитие прогрессивных ЭУ будущего не может быть осуществлено без финансовой поддержки государства, так как коммерческой выгоды от их производства с удовлетворением максимального значения гуманистического КЭ при современном уровне стоимости органических невозобновляемых топлив предприниматель получить не сможет.

Оптимальное решение рассмотренных вопросов требует глубокого переосмысления подходов к оптимизации проектируемых и перспективных ЭУ для различных отраслей экономики, установления соответствующей правовой базы путем создания необходимых положений и законов на региональном и федеральном уровнях. Во всяком случае, включение в программу подготовки молодых специалистов в передовых технических вузах вопросов, связанных с применением оптимальных критериев эффективности при проектировании перспективных тепловых двигателей, является крайне своевременным.

DIGEST

The task of an advanced heat engine designer is development of a perfect object having improved effectiveness as compared with today's engines. Complex criterion of effectiveness (CE), or a generalized system of criteria of effectiveness, providing simple assessment of any engine quality has not been found. Studies of the current situation on the market and in the industry make possible to formulate four categories of CE: technical, economical, commercial and humanistic. The humanistic CE may assist optimal choice of heat engine progress and provide superior comfort to people today and tomorrow. Optimal solution of listed problems requires total revision of approaches to optimization of modern and advanced powerplants in different branches of industry, establishing of a new legislation base by issue of new regional and federal laws and directives, training of students at high technical schools how to apply optimal CE in designing of advanced heat engines.

IN SEARCH FOR OPTIMAL CRITERION

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ КОНВЕРТОР

Сергей Годин,
инженер

РЕПОРТАЖ ИЗ СЛЕДУЮЩЕГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

В первый раз я попал в лабораторию одного из московских НИИ, находящегося на окраине Москвы, несколько лет назад, но только сегодня стало возможным представить на суд читателей журнала репортаж о разработке, по-видимому, намного опередившей свое время.

В лаборатории, где создавался экспериментальный образец, меня встретил заведующий — молодой человек с очень живыми лучистыми глазами редкого зелёного цвета. Он представился как Александр, в прошлом выпускник Московского авиационного института по кафедре электродинамики. Сразу надо сказать, что заведующий лабораторией является одним из авторов удивительной конструкции — электромагнитного конвертора (как он сам называет свое изобретение). Результаты проведенных экспериментов просто фантастические, тем не менее опубликования они достойны в серьезном журнале. Но начнем все по порядку.

Попытаюсь описать экспериментальную установку, как я ее воспринял. В середине достаточно просторной комнаты располагался агрегат массой около 200 кг. По внешнему виду он напоминал большой блестящий роликовый подшипник без внешней обоймы: только внутренняя часть и ряд медных цилиндров в виде роликов, каждый из которых свободно вращался вокруг собственной оси. Вся конструкция размещалась на весах, которые опирались на четыре бетонные основания. В нижней части агрегата угадывался маховик от жигулёвской "классики" со стартером и достаточно больших размеров электрическим генератором. Довольно толстые провода тянулись от генератора в пульттовую. Установка внушала уважение хорошей конструкторской проработкой, ясно видимой даже в непонятной конструкции.

Пол лаборатории был расчерчен мелом на концентрические окружности с пронумерованными секторами. В некоторых из них находились датчики Холла и термопары. Такие же линии наблюдались и в коридоре. Александр пояснил, что датчики Холла измеряли в секторах магнитное поле, возникающее в процессе эксперимента.

"Во время работы машины, — продолжил свой рассказ молодой ученый, — в пространстве образуются некоторые области неоднородности с аномальными магнитными полями и температурой. Эти области как раз и составляют основной секрет конвер-

тора. Лабораторный стенд, по сути, представляет собой сложную магнитную систему, способную входить в саморазвивающийся энергетически автономный режим, при котором вырабатывается электроэнергия и создается для ротора подъемная сила".

Александр разложил передо мной чертежи установки и стал объяснять устройство и принцип работы. Заранее прошу прощения за точность моего изложения, так как я мало что понял. После четырёхчасовой беседы, проникаясь мыслями автора, я понемногу приобрел способность самостоятельно формулировать собственные заключения. По словам моего собеседника, "эта комбинированная энергетическая система организует структурную поляризацию вещества рабочего тела (на уровне физического вакуума). В конверторе достигается топологическое перераспределение разности потенциалов квантовой среды через сформированный граничный переход. Это позволяет энергии квантового уровня перетекать в макромир без разрушения структуры вещества рабочего тела в отличие от того, как это происходит, например, в современных ядерных реакторах, где ядра претерпевают превращения (выделяя энергию). С одной стороны, установка позволяет ретранслировать энергию микроуровня и конструктивно выделять необходимые виды (электрическую, тепловую). С другой стороны, обеспечивается взаимодействие с квантовой средой и получение импульса (в желаемом направлении). Так как в основе явлений лежат квантовые процессы на уровне формирования гравитационных взаимодействий в вакууме, то внешняя среда в привычном для нас виде, вероятно, не действует. Энергетический потенциал квантового уровня относительно наших потребностей фактически безграничен, и электромагнитный конвертор позволяет воспользоваться им без риска получения жестких излучений. Однако надо учитывать, что вопрос безопасности изучен недостаточно и могут возникнуть проблемы совсем другого плана. Но это предмет дальнейших исследований".

Если попытаться перефразировать сказанное в терминах, понятных для человека, не знающего квантовую механику, то в основе функционирования конвертора лежит то же явление, что и в таком удивительном и могучем природном катаклизме, как торнадо, а именно — вихревая структура. Вихревая структура, по словам Александра, это первооснова материи в ее развитии и движении. Всё в природе построено на основе вихревых структур, начиная от Вселенной со спиральными галактиками, заканчивая ДНК и тонким строением пространства-времени. Вихревая структура лежит в основе всех известных физических взаимодействий на самом фундаментальном уровне... Тут рассказчик взял паузу, чтобы я прочувствовал важность момента. "...Более того, — продолжил он, — весьма вероятно, что элементарные частицы построены также на основе вихревых структур (протяженных многомерных струй) из первичного материала — пространства-времени".

Я был не в силах прервать рассказчика, и он продолжал: "Чтобы сделать наглядным для непосвященного человека элемент рассматриваемого объекта микромира, можно вообразить обыкновенный ящик, пронизанный во всех направлениях иголками. Если наполнить ящик жидкостью и заставить все иголки вращаться вокруг собственных осей, то вокруг каждой иголки возникнет вихревое движение. Это движение, раз начав-

*"Повсюду имеется энергия.
Является эта энергия статической или кинетической?
Если статической — наши надежды напрасны;
если кинетической — и это мы знаем наверняка, — тогда вопрос времени,
когда люди добьются успеха в присоединении их машин
к самому рабочему колесу природы..."
Н. Тесла, 1891 г.*



шись, в вязкой жидкости будет сохраняться. Дальше можно представить себе, что все эти иголки либо мгновенно убираются, либо превращаются в жидкость. В первом случае среда обладает пустотелыми вихрями, а во втором — она содержит классические вихревые трубки. Жидкость, находящаяся вне вихревых сердечников или трубок, имеет циклическое, не вращательное движение. Трубки обладают гибкостью, и так как для них невозможно оставаться прямолинейными в таком кружении без внутренней опоры, то они приобретают вращательное движение, которое сохраняется как свойство среды.

В невозмущенном состоянии среда не обладает никаким выделенным направлением, ее состояние нейтрально и устойчиво. Завершая процесс визуализации, представим себе, что число трубок, пронизывающих ящик, увеличивается, а их диаметры уменьшаются так, что они становятся неразличимыми. Теперь эта система выглядит, как континуум, в котором не заметны вариации скорости, ускорения и давления от трубки к трубке. Подобная модель среды была предложена Кельвином и Фицджеральдом ещё в начале века, а первоначальную идею выдвинул Иоганн Бернулли в 1736 г. В такой механической модели каждый вихрь давит на соседние; возмущение, например, изменение положения вихря, может распространяться от точки к точке. В нейтральном состоянии сдвигающие усилия, действующие от многих трубок, взаимно уничтожаются, но в напряженных поляризованных состояниях это не всегда так.

Из этой наглядной картины становится ясно, что смещение вызывает искривление трубок. Изолированная изогнутая трубка не остается стационарной, потому что кривизна приводит к росту скорости на вогнутой стороне трубки и ее уменьшению на противоположной стороне, в результате чего создается давление.

Подобное вихреобразное движение может возникать и в сверхпроводниках. Все силы в природе могут быть представлены как результат взаимодействия системы вихревых нитей, которые обмениваются некоторыми частицами — квантами поля (в масштабе микромира, например, гравитонами). При формировании полной картины взаимодействия вихреподобных систем необходимо учитывать процессы поглощения и переизлучения квантов, происходящие в масштабах планковской длины.

Картину происходящего можно представить себе так, что процессы испускания и поглощения в сумме представляют собой одно самосогласованное колебание физического вакуума, обеспечивая устойчивость на микроуровне. Рассмотрим предположительный механизм создания когерентного колебательного процесса в конверторе..." Тут я не выдержал и остановил изобретателя, так как было очевидно, что рассказывать о своём детище он может бесконечно долго.

Александр предложил посмотреть, как работает конвертор. Мы прошли в соседнее помещение к пульту управления. Он включил несколько тумблеров на панели и стал медленно поворачивать ручку автотрансформатора, увеличивая напряжение питания разгонного двигателя машины. Передо мной был тахометр и амперметр, показывающий ток в разгонном двигателе. По мере нарастания оборотов ток в двигателе ... стал падать, и когда скорость вращения ротора достигла 200 оборотов в минуту, стрелка

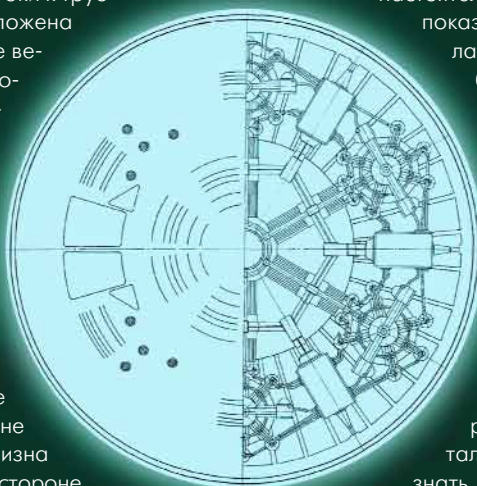
амперметра ушла влево за нулевую отметку и упёрлась в ограничитель! "Всё, — сказал Александр, — входим в режим генерации". Он быстро отсоединил питающую сеть, подключил нагрузку, и на панели начали разгораться две мощные лампы накаливания по 1 кВт каждая. Эту панель я не сразу заметил, она стояла, прикрытая козырьком, немного поодаль от пульта управления и позволяла визуально контролировать мощность, вырабатываемую машиной. Тем временем тахометр показывал уже 300 оборотов в минуту: ротор машины стремительно раскручивался сам по себе! Рукводитель эксперимента добавил ещё пару ламп к генератору, стрелка тахометра чуть приостановила своё движение, но потом снова двинулась с ускорением. Когда обороты подошли к 400, была увеличена нагрузка, чтобы не допустить разноса машины. Обороты продолжали подниматься и динамическое равновесие было достигнуто при 550 оборотах в минуту и 6 кВт отдаваемой электрической мощности. Я не сразу заметил, что Александр

настойчиво предлагает мне посмотреть на прибор, показывающий вес. Движущаяся часть ... "похудела" на 40 кг! Потеря пятой части веса при работе машины потрясла меня даже больше, чем самораскрутка ротора. Как пояснил мой собеседник, это скорее паразитный эффект, поскольку установка была предназначена для выработки электричества. Не исключено, что в другой конфигурации она может быть использована для создания подъёмной силы. Я не знал, что сказать, памятуя про законы сохранения энергии и второе начало термодинамики. Начальник лаборатории заметил, что, как он уже говорил, при работе машины не нарушается причинно-следственная связь, а остальное всё можно объяснить, надо только знать, что именно считать. И надо быть более практичными и не закрывать глаза на очевидное. Тут же он

пошутил, что "с помощью квантовой электродинамики и пришельцев можно объяснить абсолютно всё". Машина тем временем продолжала ровно гудеть и освещать лабораторию шесть неизвестно откуда взявшимися киловаттами.

Я попросил разрешения посмотреть работу вблизи. Мы вошли в лабораторный зал. Дело было к вечеру, и в неосвещенном помещении было сумрачно после пультовой. Ощущение описать словами очень трудно. В середине комнаты виднелся светящийся приплюснутый вращающийся эллипс, вдоль периметра которого вспыхивали светло-жёлтые искры, а поверхность поделена на светлые и темные сектора. При небольшом воображении агрегат можно было принять за НЛО со светящимися иллюминаторами. Словно угадывая мои мысли, Александр взял меня под руку и поставил в центр одного из пронумерованных меловых секторов на полу. Сразу всего обдало волной холода, лоб покрылся холодной испариной. Видя такое состояние, мой спутник мягко вытолкнул меня в соседний сектор. Все ощущения холода сразу пропали. Александр, уйдя в пультовую, нажал на педаль тормоза и конвертор прекратил работу. Чудеса на сегодня закончились...

... Редакция предупреждает, что все описанное здесь — на совести автора. Самой машины в действии сотрудникам наблюдать не удалось, но чертежи и элементы установки доступны. Заинтересовавшиеся и желающие присоединиться к дальнейшей работе могут обратиться к разработчику конвертора через редакцию журнала "Двигатель".



DIGEST

Non-uniform areas with abnormal magnetic fields and temperatures are formed in space during operation of any mechanism. It is just these areas which present the major secret of a converter. A laboratory test bench, in its essence, is a sophisticated magnetic system capable to enter into energetically self-maintaining autonomous regime. As this takes place, mechanical energy is generated and used for electric power production and... lift force. This combined power system causes structural polarization of working medium (similar to physical vacuum). The converter provides topological re-distribution of quantum medium potential difference through a boundary transition that makes possible to flow quantum-level energy into macrocosm without decomposition of working medium as distinguished from modern nuclear reactors.

ELECTROMAGNETIC CONVERTER (REPORTING FROM THE NEXT MILLENNIUM)

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КЕРАМИКА

В СЕРВОПРИВОДАХ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Валерий Спиридонов,
ведущий сотрудник ЦИВТИ

В девяностые годы сотрудники научно-исследовательской лаборатории ВМС США, которая традиционно занималась разработкой компонентов гидроакустических станций (ГАС), получили важные практические результаты, связанные с использованием пьезоэлектрического эффекта в исполнительных механизмах сервоприводов, двигателях, реле и контакторах. При этом важнейшей "изюминкой", определившей успех, стало внедрение многослойных технологий, ранее применявшихся при изготовлении конденсаторов для приемо-излучающих элементов ГАС. Первоначально по заданию минобороны лаборатория ВМС сосредоточила усилия на двух проблемах: разработке сервопривода для управляющих поверхностей летательных аппаратов и создании активного элемента виброизоляционных опор для работающих машин и механизмов.

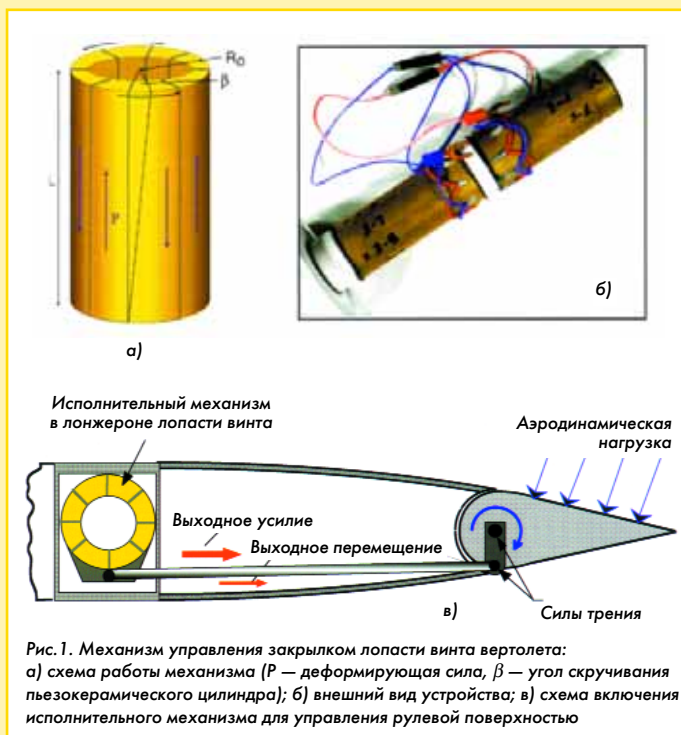
Как известно, большие линейные перемещения не являются типичными для пьезоэлектриков, зато усилия, возникающие в материале при подаче соответствующего напряжения, очень велики. На первом этапе исследований предпринималась попытка создать исполнительные элементы с использованием различного ро-

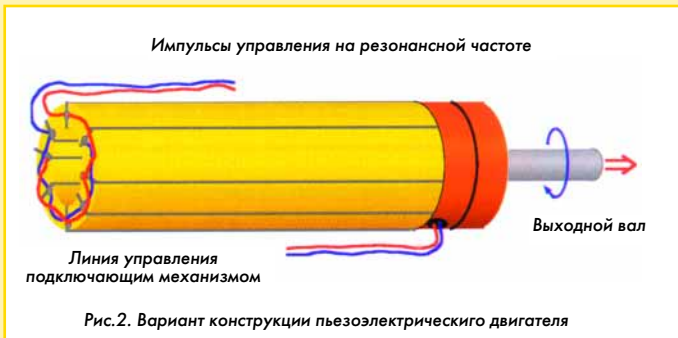
да рычагов и иных дополнительных узлов, что влекло за собой усложнение конструкции, удорожало систему и снижало ее надежность. Столкнувшись с этим, специалисты лаборатории вынуждены были искать другие пути. Им удалось разработать и запатентовать два оригинальных высокоэффективных исполнительных механизма, в конструкции которых применялись новые подходы и инженерные решения.

Первое устройство, в котором активизирован пьезомодуль d_{15} , предназначалось для управления элеронами, рулями и закрылками самолетов, а также углом установки лопастей вертолета (рис. 1). Оно представляло собой полый цилиндр диаметром примерно 2,5 см и длиной 20 см, набранный из нескольких пьезоэлектрических сегментов. Достаточно большого механического перемещения удалось добиться благодаря эффекту скручивания цилиндра, возникающему при подаче напряжения на сегменты, поскольку напряженности поля в соседних сегментах ориентированы встречно. В результате основания цилиндра "проворачиваются" относительно друг друга; крутящий момент на выходе устройства пропорционален площади поперечного сечения, а угол поворота зависит от отношения длины цилиндра к его диаметру.

Идея скручивающегося цилиндра легла в основу конструкции пьезоэлектрического двигателя (рис. 2), работающего на резонансной частоте. Вал двигателя приводится во вращение посредством передачи крутящего момента от деформируемого цилиндра через специально разработанный (и запатентованный) червячный редуктор. Американские специалисты подчеркивают, что пьезоэлектрический двигатель имеет большой вращательный момент, а обороты его вала лежат в диапазоне от десятков до сотен градусов в секунду. В принципе, такой двигатель легко можно использовать в режиме шагового, если частота подаваемых управляющих импульсов напряжения будет меньше резонансной.

Другая разработка лаборатории представляла собой твердотельный телескопический исполнительный механизм, также первоначально предназначавшийся для управления несущими винтами вертолета. В данном случае ставилась задача получить на выходе устройства не угловое, а линейное перемещение соответствующей величины. Хотя габариты и геометрические параметры разработанного устройства не в полной мере удовлетворяли заданным требованиям, этот механизм, по мнению его создателей, имеет очень неплохие перспективы применения в технических устройствах. Так, он может быть использован для активного подавления вибраций. При этом исполнительный механизм устанавливается между работающим "шумящим" агрегатом и платформой, обеспечивая через систему управления гашение вибраций вплоть до полного их обнуления. Телескопический при-





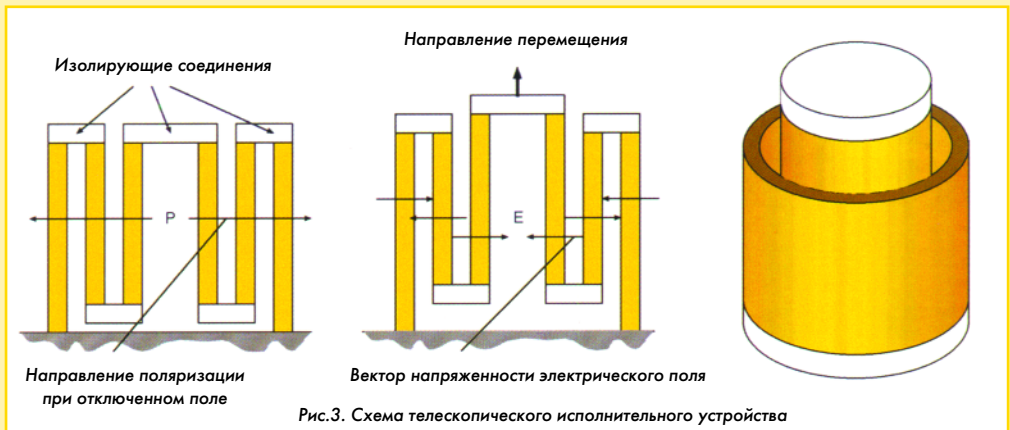
вод (рис. 3) состоит из нескольких вложенных друг в друга пьезо-керамических "стаканов", стенки которых деформируются при изменении напряженности приложенного поля.

Выходное усилие, создаваемое "стаканами", прямо пропорционально площади поперечного сечения наименьшего цилиндрического сегмента, а величина линейного перемещения равна суммарному изменению длин цилиндрических сегментов. Разработчики отмечают, что новая технология позволяет сконструировать весьма компактные активные вибродемпфирующие устройства с широким диапазоном выходных усилий и линейных перемещений. Исключительно важным достижением считается возможность получения требуемого полезного эффекта при относительно невысоком напряжении поляризации (порядка единиц киловольт; ранее для этого потребовались бы сотни киловольт).

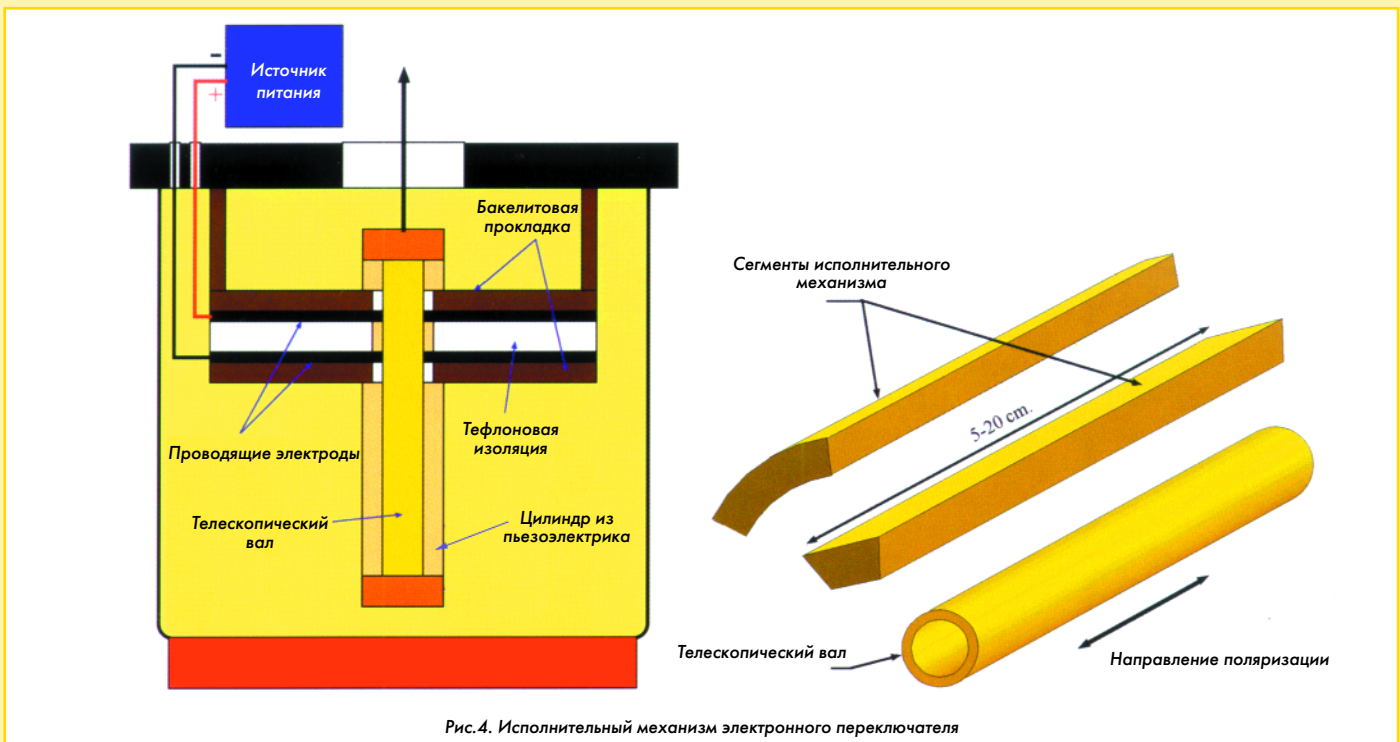
Другой проект, недавно выполненный специалистами лаборатории ВМС, предусматривал создание компактного мощного модульного переключателя (силового контактора) в рамках программы РЕВВ (Power Electronic Building Block). Устройство (рис. 4) предназначено для электронных блоков, управляющих подачей электропитания в корабельные силовые сети. Интересной особенностью переключателя является его "интеллектуальность":

подключение к источнику электроэнергии производится на основе анализа содержания требований потребителя с помощью специально разработанных программных средств. Такое решение обеспечивает наиболее рациональные режимы энергопотребления и предоставляет потребителю любые необходимые для него напряжения и токи с учетом амплитудно-частотных характеристик нагрузки.

Применение модульных электронных блоков подключения к общекорабельной сети электропитания позволяет значительно сократить номенклатуру используемых устройств, уменьшить размеры и стоимость активных и пассивных элементов, работающих при больших токах и напряжениях. Отпадает необходимость в многочисленных транзисторных переключателях, конденсаторах, индукционных устройствах, которые обычно входят в состав буферных систем, обеспечивающих подключение к линиям электропитания, фильтрацию, преобразование тока, напряжения, частоты



ты и сохранение стабильности параметров. К примеру, сегодня пассивные элементы на борту корабля занимают две стандартные стойки, оборудованные системой охлаждения, в то время как создаваемый переключающий электронный блок потребует втрое меньше места. Внедрение пьезоэлектрических переключателей будет способствовать сокращению затрат и косвенно, поскольку новые элементы практически не нуждаются в периодическом техническом обслуживании, а значит, появляется возможность уменьшения численности экипажа корабля.



СЕРДЦЕ ИСТРЕБИТЕЛЯ

"Вот сзади заходит ко мне "мессершмитт",
уйду-я устал от ран.

Но тот,

который

во мне сидит,

я вижу: решил- на таран..."

В. Высоцкий. "Як-истребитель"

Александр Николаев

(Продолжение, начало в № 3)

ВРАЖЬЯ СИЛА

Еще осенью 1939 г., вскоре после заключения советско-германского пакта, в Германию отправилась представительная делегация во главе с наркомом тяжелого машиностроения И.Ф. Тевосяном. В задачу авиационной части делегации входила закупка современных самолетов и двигателей, выпускавшихся немецкой авиационной промышленностью. Немцы приоткрыли для советских специалистов двери конструкторских бюро и авиазаводов, рассчитывая, во-первых, произвести впечатление дружелюбия, а во-вторых, на всякий случай припугнуть новоявленного "союзника".

Разумеется, наиболее важным для авиационной части делегации было посещение фирмы "Байерише Флюгцойгерверк", где серийно выпускался основной германский истребитель Bf 109E, разработанный под руководством Вилли Мессершмитта. По воспоминаниям А.С. Яковлева, этот "типичный фашист" принимал русских неохотно, но под давлением руководства министерства авиации был вынужден показать не только серийные машины, но и некоторые перспективные новинки. После осмотра было решено закупить самолеты Мессершмитта трех типов: тренировочный Bf 108, одномоторный истребитель Bf 109E и двухмоторный истребитель Bf 110C. Две последние машины оснащались 12-цилиндровыми перевернутыми V-образными двигателями жидкостного охлаждения DB 601A взлетной мощностью по 1175 л.с. Одной из отличительных особенностей этих моторов являлась система непосредственного впрыска топлива в цилиндры, примененная вместо традиционных карбюраторов.

В мае 1940 г. пять контейнеров с истребителями Bf 109E ("Эмилиями") были доставлены на московский Центральный аэродром, где сотрудники НИИ ВВС под наблюдением немецкого специалиста их собрали. "Надсмотрщику" русские были явно антипатичны, поэтому он с особым удовлетворением зафиксировал факт вскрытия без его ведома одного из самолетных ящиков: "Фирма не несет ответственности за эту машину!" Впрочем, наши специалисты и без его помощи, и даже без инструкции по сборке (!) собрали первый "мессер". Все другие машины принимали "как положено", с оформлением приемосдаточных документов. Немец тоже сумел удивить: когда обнаружилось, что на одном из моторов неисправно магнето, и руководитель работ с советской стороны не без ехидства поинтересовался, несет ли фирма ответственность за этот инцидент, последовал ответ: "Послезавтра в 12.45 вам доставят новое магнето!" И действительно, в указанный день за пятнадцать минут до назначенного

срока на Центральном аэродроме совершил посадку "юнкерс", на борту которого был доставлен нужный агрегат.

Осенью 1939 г. советская делегация посетила также завод Эрнста Хейнкеля в Мариенэхе, где ей был показан экспериментальный истребитель He 100, оснащенный двигателем DB 601A. Самолет имел интересную особенность: вместо "нормального" водо-воздушного радиатора конструктор применил так называемую испарительную систему охлаждения. Конденсация пара, поступавшего от двигателя, происходила в двухслойной обшивке центроплана крыла. Такое техническое решение позволило существенно уменьшить лобовое сопротивление машины. В марте 1939 г. на специально подготовленном He 100 с форсированным до предела двигателем был установлен мировой рекорд скорости — 746,6 км/ч.

По имевшимся в то время в СССР сведениям, немцы готовили истребитель к серийному производству. Об этом свидетельствовала, в частности, постройка фирмой "Хейнкель" очень большого числа опытных машин. Истребитель He 100 весьма заинтересовал руководителей советской делегации и особенно летчика-испытателя С.П. Супруна, который после десятиминутной консультации с немецким пилотом совершил на истребителе получасовой полет. По воспоминаниям тогдашнего директора ЦАГИ генерала И.Ф. Петрова, Супрун поразил всех мастерством пилотирования совершенно незнакомой машины. Интересно, что полету предшествовало подписание двух документов: обязательства советской стороны оплатить стоимость He 100 в случае аварии и расписки в том, что немецкая сторона не будет нести ответственности, если советский летчик-испытатель погибнет.

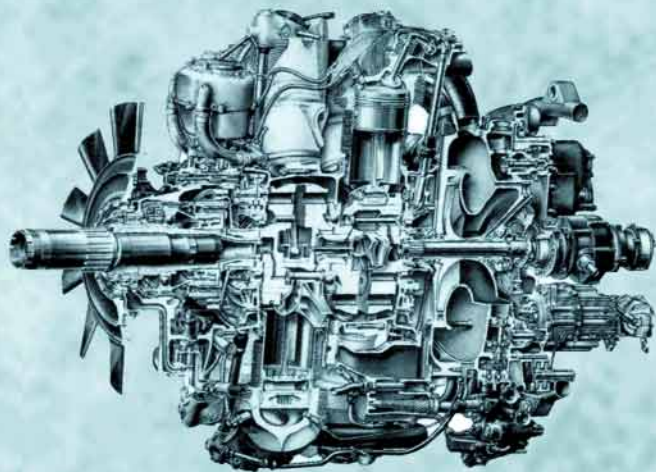
По результатам посещения было принято решение о закупке пяти (по другим данным — шести) He 100, которые были поставлены в Советский Союз весной 1940 г. Три из них поступили на испытания в НИИ ВВС, где получили, в общем, не слишком лестную оценку из-за недостаточной продольной устойчивости, высокой посадочной скорости и ряда эксплуатационных недостатков. Так, после нескольких часов полета герметичность испарительной системы нарушалась настолько, что заруливший после посадки "хейнкель" окутывался облаком пара.

История имела продолжение: в 1941 г. ведомство Геббельса сумело внедрить в западные авиационные издания дезинформацию о том, что запущен в серийное производство и принят на вооружение "люфтваффе" истребитель He 113, представлявший собой, якобы, усовершенствованный He 100. Результаты предвоенных испытаний "хейнкеля" в НИИ ВВС и его ПТХ были доведены до специалистов авиапромышленности и широкого круга летчиков-испытателей, а затем довольно легко "проникли" в строевые части ВВС Красной Армии. В конце 1940 г. подробную информацию о He 100 опубликовал журнал "Техника воздушного флота". Наиболее важной характеристикой машины считалась, естественно, максимальная скорость, достигавшая на границе высотности 650 км/ч. По этому показателю массовый истребитель Bf 109E-3 с тем же мотором заметно уступал "хейнкелю".

Внезапное появление на советско-германском фронте истребителя Bf 109F-2, более скоростного и внешне заметно отличавшегося от "Эмилии", в сочетании с ложной информацией о He 113 привело к закономерному результату: боевые документы советских частей и соединений, относящиеся к 1941 г., запестрели сообщениями о воздушных боях с несуществовавшими "Хе-113". Летчики отмеча-

Истребитель Bf 109E-3 и его двигатель DB 601A





Мотор BMW801D-2

ли, что с последним бороться гораздо труднее, чем с хорошо известным "мессером".

Недоразумение могло быть развеяно в конце июля 1941 г., когда в районе поселка Молосковицы (100 км южнее Ленинграда) совершил вынужденную посадку Bf 109F-2 ("Фридрих"), оснащенный двигателем DB 601N. В результате повышения степени сжатия с 6,9 до 8,2 и применения бензина марки СЗ с октановым числом 96 (DB 601A "питался" топливом В4 с октановым числом 87) этот мотор на 1-минутном боевом режиме развивал мощность 1270 л.с., что дало "мессеру" заметную прибавку в скорости и скороподъемности. Однако тщательно изучить захваченную немецкую новинку в то время не удосужились. Машину поместили на выставку трофейной техники, развернутую на одной из площадей северной столицы, но, судя по всему, не идентифицировали как "Хе-113".

В августе советские специалисты получили возможность ознакомиться с новыми модификациями "мессершмитта": немецкий пилот Эдуард Кромм был взят в плен нашими истребителями и принужден был приземлиться на советском аэродроме; еще один германский летчик дезертировал и совершил посадку в районе Вязьмы. Однако в обоих случаях в руки советских специалистов попали машины модификации Bf 109E-7, менее интересные с точки зрения летных качеств. Впрочем, они также оснащались двигателями DB 601N.

Первым "Фридрихом", доставшимся советским ВВС в летном состоянии, стал самолет капитана Рольфа Пингела из эскадры JG51, совершивший вынужденную посадку осенью 1941 г. неподалеку от Москвы. Отремонтированный в мастерских 47-й истребительной авиадивизии истребитель передали в НИИ ВВС, где его облетал капитан А.Г. Прошаков. Результаты проведенных полномасштабных испытаний машины оказались весьмастораживающими. В письме начальника НИИ ВВС генерала Федорова заместителю наркома авиапромышленности А.С. Яковлеву, датированном 24 декабря 1941 г., с тревогой отмечалось: "Сегодня мы не имеем истребителя, равного Me-109F!"

Усовершенствования в области аэродинамики истребителя в совокупности с форсированным двигателем и переходом к 96-октановому горючему позволили увеличить скорость Bf 109F-2 у земли до 510 км/ч, а на высоте 2750 м — до 560 км/ч. Заметно улучшились также и маневренность и скороподъемность машины. По этим показателям "Фридрих" столь существенно оторвался от советских самолетов, в том числе и новейших серийных, что впору было предпринимать экстренные меры. От специалистов НИИ ВВС потребовали срочно разработать рекомендации по ведению воздушного боя с Bf 109F-2 для строевых частей. Увы, рекомендации, выработанные в НИИ, оказались катастрофически неправильными!

Дело в том, что в результате вынужденной посадки на захваченном "мессере" оказалось повреждено управление турбомуфтой ПЦН, плавно регулировавшей давление наддува. Грамотно отремонтировать незнакомый агрегат ни в мастерских 47-й авиадивизии, ни в НИИ ВВС не сумели, поэтому мотор на высотах, превышавших границу включения турбомуфты, фактически работал в нештатном режиме. Ведущий инженер НИИ по испытаниям Bf 109F инженер-капитан Розанов отметил этот факт в кратком отчете, но не по-

местил его в разделе "выводы", поэтому его предупреждение все "потребители", включая руководство НИИ, проигнорировали.

Реально максимальная скорость "Фридриха" возрастала до 595-605 км/ч на высоте 5000 м, а кривая, снятая Розановым и летчиком майором Николаевым, имела уже упоминавшийся максимум на высоте включения турбомуфты (2750 м). Сравнивая высотные зависимости скоростей отечественных истребителей с этой кривой, "спецы" из НИИ легко выявили тот факт, что выше 3...3,5 км наши машины должны получить преимущество, поэтому рекомендации свелись к "затягиванию" немецкой новинки на большие высоты. Но на самом деле на этих высотах "немец" еще в большей степени превосходил в скорости советские истребители! Таким образом, ошибка испытателей "вышла боком" для строевых частей ВВС КА.

А немцы, между тем, не стояли на месте. Поздней осенью 1941 г. на вооружение "люфтваффе" стал поступать истребитель Bf 109F-4, оснащенный еще более форсированным двигателем DB 601E. Этот вариант "мессера" вооружался 20-мм пушкой и парой 7,92-мм пулеметов, что приблизительно уравнивало его по мощи огня с "Яками", в то время как по скорости и вертикальной маневренности он превосходил их во всем диапазоне высот!

Ситуация еще более осложнилась, когда осенью 1942 г. немцы применили на советско-германском фронте "Густава" — очередную модификацию Bf 109G-2. В отличие от предшественников, этот истребитель оснащался новым мотором DB 605A. Из "шестисот первого" было высосано все, что он мог дать, поэтому немецким конструкторам пришлось сделать радикальный шаг — у DB 605A диаметр цилиндров увеличили на 4 мм и повысили число оборотов. Взлетная мощность двигателя в результате этого выросла до 1650 л.с., а высотность — до 6000 м благодаря применению нового ПЦН с увеличенным диаметром крыльчатки.

В письме начальника главного управления НКАП С.Н. Шишкина наркому А.И. Шахурину, датированном 13 октября 1942 г., отмечалось, что "Me-109G-2 по максимальной скорости превосходит наши истребители. Значительное преимущество ... этот самолет имеет по скороподъемности и, следовательно, по маневру из-за избытка мощности, особенно с учетом трехминутного форсажа". Трудно, ох как трудно приходилось советским летчикам в боях с немецкими истребителями на протяжении 1941-1942 гг.!

О РАЗНОВИДНОСТЯХ ЛОШАДЕЙ

У Курта Танка, главного конструктора фирмы "Фокке-Вульф", истребитель Bf 109 ассоциировался со скаковой лошадью, горячей, резвой, но весьма "нежной" и капризной в обращении. Таким, в сущности, "мессер" и являлся; особенно часто его подводило шасси с весьма узкой колеей. При рулении по неровным фронтовым аэродромам самолет "переваливался" как пьяный, зацепляя за землю за концевками крыльев, нередко стойки складывались при грубой посадке. По статистическим данным свыше половины построенных Bf 109 были потеряны из-за небоевых причин, в результате того, что пилоты не справлялись со своими норовистыми "конями".

Применительно к массовому истребителю Танк считал более перспективной концепцию "кавалерийской" лошади, непри-

Истребитель Bf 109F-4 с двигателем DB601E



хотливой, выносливой, пусть и менее резвой. Это касалось в первую очередь двигателя: нетребовательный и значительно более живучий звездообразный мотор конструктор предпочитал "ужатому" V-образному с жидкостным охлаждением. На новейшем FW 190А устанавливалась 14-цилиндровая двойная звезда BMW 801D. Ни по абсолютным, ни по удельным характеристикам этот двигатель не поражающе обрадовал специалистов, зато имел несколько несомненных "изюминок", выдвигавших его в разряд "звезд" первой величины.

Во-первых, он оснащался автоматизированным агрегатом управления, сводившим задачу пилота к перемещению всего одного рычага. Остальные параметры: наддув, частота вращения, шаг винта, подача топлива, переключение скоростей нагнетателя и др. подбирались автоматически в зависимости от положения рычага управления. Такое техническое решение значительно разгружало летчика в ходе маневренного воздушного боя, в буквальном смысле слова давая ему "свободу рук". Во-вторых, система охлаждения мотора включала 12-лопастный вентилятор, который на малых скоростях полета эффективно обдувал нагретые части, а при больших скоростях, наоборот, — подтормаживал воздушный поток и предупреждал их переохлаждение. В-третьих, оригинально был решен маслоохладительный контур: нагретое масло вначале подавалось в маслобак, где очищалось от воздушных пузырьков, а уже затем — в маслорадиатор (сегодня эта схема применяется почти повсеместно).

Интерес к BMW 801 со стороны советских специалистов проявился еще в период упоминавшихся выше визитов делегаций в Германию. В частности, генерал И.Ф. Петров в своих мемуарах сокрушался о том, что закупить этот двигатель в то время не удалось. Вероятно, близкое знакомство с особенностями немецкой новинки действительно могло бы быть полезным для отечественных моторостроителей. Но изучать "восемьсот первый" им пришлось уже в сложнейших условиях войны — на боевых трофеях.

Впервые FW 190А-2 появились на советско-германском фронте поздней осенью 1941 г. под Ленинградом в составе эскадры JG51. Однако и сами машины, и их моторы были еще недостаточно доведенными, а в условиях начинавшейся русской зимы — попросту неработоспособными. Не совершив ни единого боевого вылета, "фоккеры" (так, не совсем корректно, их называли наши бойцы) вернулись в Германию, чтобы вновь появиться на Восточном фронте лишь год спустя.

В сентябре 1942 г. первая группа эскадры JG51 "Мельдерс" вернулась из Германии после переучивания на FW 190А-3. Появление сильно вооруженного и довольно скоростного (630 км/ч на

второй границе высотности) истребителя особенно сильно сказалось на потерях советских бомбардировщиков. Так, в конце января 1943 г. четверка "Фокке-Вульфов" обер-лейтенанта Шака внезапно атаковала и сбила всю девятку Пе-2, возвращавшуюся с задания без истребительного прикрытия.

Первый FW 190 попал в руки советских авиационных специалистов 13 января 1943 г. В этот день четверке истребителей капитана С.С. Литаврина удалось сбить сразу два зазевавшихся "фоккера"; один из них, пилотируемый унтер-офицером Хельмутом Брандтом, совершил вынужденную посадку на лед озера Ладога неподалеку от Шлиссельбурга. Неприятельский пилот вытащил из закабинного отсека лыжи и ушел на них в сторону берега, занятого финнами. Предпринятая немцами попытка уничтожить практически целый истребитель не удалась, а ночью он был вывезен на ленинградский Комendantский аэродром. Капитану Литаврину, "добывшему" неприятельскую новинку, 28 января 1943 г. было присвоено звание Героя Советского Союза. Весной и летом 1943 г. еще не-



Истребитель FW 190А-4

сколько малоповрежденных "фоккеров" были захвачены советскими войсками, и наконец, в августе немецкий летчик Густав Хейлер перелетел на советский аэродром на совершенно исправном FW 190А. Все это позволило тщательно изучить достоинства и недостатки немецкого истребителя. Кроме того, для новых советских истребителей Ла-5ФН и Як-9 были найдены эффективные способы ведения как оборонительного, так и наступательного боя с "фоккером".

(Продолжение в следующем номере)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ГЕРМАНСКИХ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

| Тип мотора | Число цилиндров | Объем цилиндров, л | Мощность, л.с. | | | Масса, кг | Литровая мощность, л.с./л | Удельная масса, кг/л.с. | Удельный расход, г/л.с.ч |
|------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | | | взлетная | номинальная | | | | | |
| | | | | на 1-й ск. ПЦН | на 2-й ск. ПЦН | | | | |
| M-62 | 9 R | 29,8 | 1000 | 870 / 1550 м | 820 / 4200 м | 490 | 33,5 | 0,49 | 320 |
| M-105П | 12 V | 35 | 1100 | 1100 / 2000 м | 1050 / 4000 м | 600 | 31,4 | 0,545 | 310 |
| AM-35A | 12 V | 46,6 | 1350 | 1350 / 6000 м | — | 830 | 28,9 | 0,615 | 315 |
| M-105ПФ | 12 V | 35 | 1200 | 1250 / 700 м | 1180 / 2700 м | 600 | 34,3 | 0,5 | 290 |
| M-82 | 14 R | 41,2 | 1700 | 1540 / 2050 м | 1330 / 5400 м | 850 | 41,3 | 0,5 | 325 |
| DB 601A | 12 V | 33,9 | 1175 | 1100 / 2100 м | — | 590 | 34,7 | 0,502 | 232 |
| DB 601N | 12 V | 33,9 | 1215 | 1120 / 1500 м | 1085 / 4000 м | 700 | 35,8 | 0,58 | — |
| DB 601E | 12 V | 33,9 | 1350 | 1250 / 2000 м | 1200 / 5100 м | 715 | 42,8 | 0,493 | 225 |
| DB 605AM | 12 V | 35,7 | 1560 | 1450 / 2000 м | 1350 / 6000 м | 745 | 46,3 | 0,45 | — |
| BMW 801D | 14 R | 41,8 | 1580 | 1490 / 700 м | 1460 / 4970 м | 1014 | 43,5 | 0,557 | 270 |

DIGEST

A HEART OF A FIGHTER

In May 1940 five containers with components of "Messerschmitt" Bf 109E fighters were transported to the Central Moscow Airfield where employees of the Air Force Research Institute assembled them. Moreover, that spring USSR received 5 "Heinkel" He 100 fighters. Much more improved and advanced samples of German aviation engineering were got in fight. For example, in autumn 1941 the first Bf 109F made forced landing near Moscow. The Air Force Research Institute (AFRI) made repairing and flight testing. The results were not encouraging for Russia. In his letter dated December, 1941, to A.S. Yakovlev, Deputy People's Commissar of Aviation, General Fiedorov, Head of AFRI, wrote: "Today we have no any fighter like Me-109F". The situation became more complicated when in autumn 1942 German troops put into operation the Bf 109G9 version and new "Fokke-Wulf" FW 190 fighter powered by an air-cooled engine...

ИМИТАТОР отказов



Анатолий Маркуша

рисунки Владимира Романова

Нынче моя внучка прыгнула с парашютом за двести пятьдесят баксов наличными, говорит — это не дорого! А меня на сталинского сокола совершенно бесплатно обучали. И "прыгали", и к самолету приручали, да еще слегка экипировывали — комбинезончик х/б, шлем, очки, а, кроме того, прикармливали на аэродроме. Летать я начинал на У-2, позже переименованном в По-2. Это было признание великих заслуг Николая Николаевича Поликарпова — создателя машины. Разделавшись с теорией и, как полагается, сдав зачеты, мы пришли на летное поле, где и должно было начаться самое главное.

До смерти не забуду — перед смиренным, мирно зелененьким самолетом нас встретил человек в поношенном, даже не третьей свежести комбинезоне и принялся мрачно вещать: "Это — винт! Усвоили? Теперь запомните: винт свиреп, он слепой и работающий край — не опасен! Мотор М-11 имеет сто лошадиных сил мощности, и этого вполне достаточно, чтобы отрубить вам руку или снести башку. Усвоили? Если..." И тут мрачный человек в замусоленном комбинезоне принялся перечислять меры предосторожности, чтобы, как он выразился, "не пасть жертвой собственного раздолбайства". "Если" у него было столько, что голова могла пойти кругом, особенно после того, как я "усвоил", что мотор М-11 запускается от р у к и!

Теперь уже не стыдно признаться — зачет по запуску со всеми звучными командами: "К запуску!", "Провернуть винт!", "Выключено?" и вплоть до "Контакт!", "Есть контакт!" — я не только успешно сдал, но довольно скоро научился исполнять, но всякий раз, когда слышал "Контакт!" холодел от тайного ужаса — а ну как долбанет винтом по шее?! Впрочем, человек — удивительно приспособляющаяся скотина, и спустя каких-нибудь три или четыре месяца и проворачивать винт и орать во всю глотку "Есть контакт!", отскакивая от машины, сделалось привычным и вполне обыденным. Мрачный механик, который, как умел, остерегал нас от беды, перестал казаться мрачным — человек, как человек, свое дело знает... Короче говоря, не прошло и года, я не только залетал на У-2 самостоятельно, но и забыл бояться как самолета, так и его мотора. В ту пору ни за что бы не поверил, что спустя без малого пятнадцать лет добрый, надежный, верный М-11 еще заставит меня умыться холодным потом, вгонит в дикий страх. А дело было так.

Уже после войны, заканчивая школу летчиков-испытателей, выполнял тренировочный полет на Як-18. Задание — маршрутный полет. Я — в передней кабине, во второй — слушатель, попросивший проветрить его. Лето было. Жара. Погода — лучше не придумаешь: "миллион на миллион", что до горизонта, что до небесной синевы. Топою по маршруту на высоте триста метров. Внизу разворачивает свое полотно пестрый ландшафт Подмосковья. Ни с того, ни с сего мотор дает резкие перебои, хлопки следуют один за другим... того гляди винт сейчас встанет... Мысли вскачь!... Заправку проверял лично, жалоб на мотор вроде не было... Что внизу?... Картина не из утешительных: редкий лес, пашня... дальше — луговина, но туда не дотянуть... Осторожно, блинчиком отворачиваю с курса, и тут добрый, надежный, верный мотор так же внезапно, как вырубился, рывкает и заработал, так сказать, в своем обычном ритме.

Поднабрав высоту, сверившись с картой, взглянув на часы — остается лететь двадцать минут с небольшим, если все пойдет нормально, — я мучительно соображаю в чем все-таки могло быть дело. Придумать ничего не удается — мотор, снова всхрипнув, собирается остановиться. Приходится срочно выбирать

место для вынужденной посадки. И снова ничего приличного земля не предлагает: слева яркая, бешеная зелень полноценного болота, правее — порубка, пень на пне... еще правее — линия высокого напряжения, параллельно тянется грунтовая дорога. Решение? Придется мастрячиться на дорогу. Машина будет бита, но, если повезет, не так тяжко, как на пеньках.

Ниже, ниже, еще ниже... Не потерять бы скорость... Холодный пот прошибает — ох, не здорово получается... И тут движок вновь сам собой выходит на полные обороты. Странно? Странно! Чудес ведь не бывает? Не бывает... Почему-то перед мысленным взором возникает переключатель зажигания... И — мысль: "Скотина! Паразит! Это же мой пассажир развлекается! Выключает зажигание и наблюдает, как я себя буду вести... Ему весело..."

Снизившись до никакой высоты, только бы не зацепить за землю, чешу прымым ходом на аэродром и думаю: "Теперь не выключишь, паразит, не рискуешь". На конечный пункт маршрута вышел точно, приземлился вовремя, поклонился мотору до земли (в мыслях, понятно), а коллеге "ни руки, ни взгляда". И он — ни слова...

Теперь посмеиваюсь — молодость! Дуры! И, пожалуйста, не просите назвать имя коллеги. С годами он посолондел, вполне заслуженно был и обласкан, и награжден, так что числится нынче среди самых заслуженных испытателей России.



Валерий Гуров

ПРАЗДНИК



ГАЗОТУРБИНИСТОВ РОССИИ

8 октября этого года в МГУ им. Н.Э. Баумана были торжественно отмечены две знаменательные даты в жизни научно-технической общественности России — 100-летие со дня рождения Владимира Васильевича Уварова и 50-летие основанной им кафедры "Газотурбостроение".

Редакция журнала "Двигатель" сердечно поздравляет коллектив кафедры Э-3 и ее выпускников с этими знаменательными датами и публикует (в сокращенном виде) официальные приветствия ректора МГУ им. Н.Э. Баумана и коллектива ЦИАМ.

Выступление И.Б. Федорова — ректора МГУ

Дорогие друзья и коллеги! От всей души поздравляю преподавателей, выпускников, аспирантов и студентов кафедры "Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки" с ее 50-летним юбилеем.

Основанию в МВТУ им. Н.Э. Баумана кафедры "Газотур-

бостроение" предшествовали работы по созданию авиационных газотурбинных двигателей, проведенные под руководством основателя кафедры выдающегося ученого Владимира Васильевича Уварова, 100-летие со дня рождения которого совпадает с юбилеем кафедры.

Результаты деятельности кафедры по созданию авиационных и транспортных газотурбинных двигателей широко известны в стране и за рубежом. Научно-исследовательские работы и проекты, выполненные кафедрой, опередили развитие науки и техники.

Воспитанниками кафедры являются академики и выдающиеся руководители крупных организаций и фирм, дипломаты, писатели и журналисты.

Поздравляю всех питомцев кафедры и выражаю пожелания успехов в дальнейшей деятельности на благо России.

Официальное приветствие первого заместителя ГНЦ ЦИАМ В.И. Солонина от имени руководства и научных сотрудников института, выпускников кафедры Э-3

Руководство и научные сотрудники ЦИАМ — выпускники кафедры Э-3 — сердечно поздравляют ее коллектив с 50-летием основания кафедры и 100-летием со дня рождения Владимира Васильевича Уварова. Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор Уваров являлся выдающимся конструктором, создателем первого в мире высокотемпературного турбовинтового авиационного двигателя.

Под руководством В.В. Уварова еще в 1930 г. была организована инженерная группа по газовым турбинам, и началось обучение основам газо-

турбиностроения инженеров в МВТУ и ВВА им. Н.Е. Жуковского. Процессу становления нового типа двигателей способствовала монография Уварова "Газовые турбины", изданная в 1935 г.

Закономерным итогом напряженной работы ученого и организатора явилось создание в 1936 г. в ЦИАМ первой в мире экспериментальной высокотемпературной установки ГТУ-3 мощностью 1500 л.с. В 1945 г. появилась фундаментальная работа ученого "Профилирование длинных лопаток паровых и газовых турбин".

Идеи Владимира Васильевича в дальнейшем развили его

ученики "первого эшелона", в том числе, сотрудники ЦИАМ Г.Ю. Степанов, В.Х. Абианц, О.И. Голубева, С.М. Шляхтенко, В.Е. Михальцев, А.Г. Романов и др.

Руководство и научные сотрудники ЦИАМ от всей души желают преподавательскому составу кафедры доброго здоровья и дальнейших успехов в их благородной деятельности.



4-миллионный дизель ЯМЗ

В годы Великой Отечественной войны на советские артиллерийские тягачи Я-12 устанавливались приобретенные по ленд-лизу американские двухтактные дизельные двигатели GMC корпорации "Дженерал-Моторс". Их

весьма успешная работа подтолкнула руководство страны к принятию решения о производстве в Ярославле двигателей именно такой конструкции. Уже в январе 1947 г. на Ярославском автомобильном заводе начался серийный выпуск первых отечественных автомобильных дизелей ЯАЗ-204 (P4) мощностью 112 л.с. и ЯАЗ-206 (P6) мощностью 165 л.с.

Двигатели следующих поколений марки "ЯМЗ": V-6, V-8, V-12 мощностью от 150 до 800 л.с. — являлись собственными разработками ярославских

моторостроителей и представляли собой четырехтактные дизельные двигатели многоцелевого назначения.

Выпуск миллионного ярославского дизеля в июне 1972 г. торжественно отмечали многие ведущие предприятия отечественного автомобилестроения — партнеры и потребители продукции ПО "Автодизель". Последующие вехи — 2 000 000-й дизель в 1982 г. и 3 000 000-й в 1987 г. — отмечались намного скромнее, по-рабочему.

В октябре 1999 г. на главном сборочном конвейере

Ярославского моторного завода был собран 4 000 000-й двигатель. Юбилейным стал силовой агрегат ЯМЗ-7511 мощностью 400 л.с. — представитель нового поколения известного семейства двигателей D_xS = 130x140 мм, предназначенного для перспективных магистральных автопоездов МАЗ, КрАЗ, ЗИЛ, "Урал". Двигателям этого семейства, мощным, экологичным, воплотившим в себе лучшие черты современного двигателестроения, и предстоит возглавить модельный ряд производства ОАО "Автодизель" в XXI веке.

Лариса
Кожанова



2000

Двигатель

научно-технический журнал

ПОДПИСКА

Для оформления подписки необходимо перевести соответствующую сумму на расчетный счет получателя и направить заполненный купон вместе с копией платежного поручения в адрес редакции:

Российская Федерация

111250, Москва,

ул. Авиамоторная, д. 2,

ООО "Редакция журнала "Двигатели"

Тел./факс: +7(095) 362-3925. E-mail: engine@ilm.net

Банковские реквизиты:

ИНН 7722158920

р/счет 40702810500002000048

в КБ "ЭНЕРГОПРОМБАНК" (ООО) г. Москва,

кор/с 30101810000000000731 в ГРКЦ ГУ ЦБ РФ по Моск. обл.

БИК 044652731; ОКПО 18596795; ОКОНХ 87100

Стоимость размещения рекламно-информационных материалов:

| | | | |
|---------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Реклама | 1 полоса – \$2000 | 1/4 полосы – \$600 | 1/16 полосы – \$180 |
| | 1/2 полосы – \$1100 | 1/6 полосы – \$320 | 1/32 полосы – \$100 |

| | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Реклама на обложках | 1-я стр. – \$6000 | 3-я стр. – \$3000 |
| | 2-я стр. – \$3000 | 4-я стр. – \$4000 |

| | | |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| Информационно-рекламные статьи | 1 полоса – \$1700 | 3 полосы – \$4500 |
| | 2 полосы – \$3200 | 4 полосы – \$5600 |



ПОДПИСНОЙ КУПОН

Количество экземпляров: _____

Срок подписки:

- год (6 номеров)
 I полугодие (3 номера)
 II полугодие (3 номера)

(отметить любым значком одну из клеток)

Фамилия И.О. _____

Организация _____

Почтовый адрес: _____

Телефон, факс: _____

СТОИМОСТЬ ГОДОВОЙ ПОДПИСКИ С УЧЕТОМ ДОСТАВКИ ПО СНГ - 540 руб.

Двигатель



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"УФИМСКОЕ МОТОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ"

НАШИ ДВИГАТЕЛИ ВЕЗДЕ,

МИГ-21

Як-3

В ВОЗДУХЕ,

Су-27

Авиационный двигатель Д-436ТП
самолета-амфибии Бе-200

НА ВОДЕ,

Водный мотоцикл ВМ-650

Мотоблок "Агрос"

Авиационный турбореактивный
двухконтурный двигатель АЛ-31Ф

НА ЗЕМЛЕ!

Газоперекачивающий агрегат
ГПА-16РМ

Снегоход "Рысь"

Иж-2126 "Орбита"

ОНИ ДАЛИ РОССИИ 34 МИРОВЫХ РЕКОРДА



450039, г.Уфа, ул. Сельская Богородская, д.4
телефон: (3472) 383-366; факс: (3472) 383744
[http:// www.diaspro.com/umpo](http://www.diaspro.com/umpo)