

№5-6 (11-12) сентябрь-декабрь 2000

Двигатель

Научно-технический журнал



**Задача
конструктора:
создать
совершенный
автомобиль...
и не погубить
природу**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"

Абрамов Г.А.,

научный консультант Российского Речного Регистра

Анисин Д.Д.,

зам. руководителя Департамента мореплавания Минтранспорта РФ

Гриценко Е.А.,

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

Губертов А.М.,

зам. директора ФГУП "Исследовательский центр им. М.В. Келдыша"

Данилов О.М.,

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

Долецкий В.А.,

президент АО "Русские моторы", Ярославль

Жарнов В.М.,

ген. конструктор ПО "Минский моторный завод"

Зазулов В.И.,

гл. конструктор ОКБ "ЭГА", Москва

Каблов Е.Н.,

директор ГНЦ ВИАМ

Каторгин Б.И.,

ген. конструктор, ген. директор НПО "Энергомаш", член-корр. РАН

Клименко В.Р.,

гл. инженер ОАО "Аэрофлот – РМА"

Коржов М.А.,

гл. конструктор двигателей ОАО "АвтоВАЗ", Тольятти

Крымов В.В.,

зам. ген. директора ФНПЦ ММП "Салют" по науке, Москва

Кузнецов А.Н.,

зам. ген. директора Российского авиационно-космического агентства

Кутенев В.Ф.,

зам. ген. директора ГНЦ НАМИ по внешнеэкономическим связям

Леонтьев Н.И.,

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

Муравченко Ф.М.,

ген. конструктор МКБ "Прогресс", Запорожье

Романов В.И.,

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

Скибин В.А.,

директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

Троицкий Н.И.,

директор НИИ двигателей

Фаворский О.Н.,

академик, член президиума РАН

Чепкин В.М.,

ген. конструктор ОАО "А. Льюлка-Сатурн"

Черваков В.В.,

декан факультета авиадвигателей МАИ

Черный В.С.,

начальник Департамента локомотивного хозяйства МПС РФ

Чуйко В.М.,

президент Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения"

Шапошников Е.И.,

советник Президента РФ по авиации и космонавтике

Шматович В.В.,

председатель Совета директоров ОАО "Авиадвигатель" и ОАО "Пермский моторный завод"

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,

Валентин Шерстянников

Литературный редактор

Лидия Рождественская

Художественный редактор

Людмила Жемуранова

Дизайн и верстка

Александр Коваленко

Техническая поддержка

Александр Бобылев

**В номере использованы
фотографии, эскизы и рисунки:**

Александра Бажанова,

Дмитрия Боева,

Валерия Гурова,

Алексея Михеева,

Владимира Романова

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111250, 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>

Рукописи не рецензируются
и не возвращаются.

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.
Ссылка на журнал при перепечатке
обязательна.

Научно-технический журнал
"Двигатель" ©

зарегистрирован

в Государственном Комитете РФ

по печати

Reg. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"

г. Москва

Тираж 5000 экз.

Цена свободная

СОДЕРЖАНИЕ

2 Как успеть за современными требованиями

Г. Корнилов

6 УМПО: успех надо программировать

В. Лесунов

8 Ульяновские моторы

А. Федоровичев

10 Двигатели ОАО "ЗМЗ"

В. Пичугин

12 Всегда ли хорошо когда тепло?

С. Орехов

14 РПД изнутри и снаружи

И. Пятов

18 01 набирать не придется

19 Наяву и во сне

А. Маркуша

20 Станут ли атомщики производителями нейтрализаторов?

Н. Данченко, В. Калугин

21 Юбилей института авиационных двигателистов

22 Что делать, когда нет моторов?

А. Гомберг

25 Для коренной реконструкции энергетического комплекса страны

Ю. Елисеев, В. Беляев, А. Косой

28 Запас карман не тянет?

Л. Франкштейн

30 Двигатели ВК: от ВК-1 до ВК-10

П. Изотов, Д. Изотов

34 SNECMA ветеран французского двигателестроения

Ж. Виллен

39 Пришел, увидел, ...

40 Как непросто "просто посмотреть"

Г. Белоусов, Д. Померанцев

42 Человек-легенда

Л. Берне, В. Перов

49 Прислушиваясь к мотору

А. Маркуша

50 Многотопливный, перспективный и экологически чистый

Е. Никитин, Э. Успенский, В. Рыжов, С. Миляев

54 Экологическая сертификация судовых малооборотных дизелей БМЗ - MAN B&W

Ю. Коробков, А. Обозов

58 Двигатель для европейских танков НАТО

В. Подгаецкий

62 Экспериментальные исследования энергетических характеристик гибридного ракетного двигателя

Н. Волков, Р. Голлендер, Н. Давыденко,

Л. Семенов, Б. Ступин

64 Воздушные змеи капитана Ульянина и змей "Капитан"

К. Данилевский

66 "СОДИК" - лидер среди производителей электроэрозионного оборудования

А. Лежепеков



42

64

30

34

14

58

25

КАК ЗА СОВРЕМ КАК УСПЕТЬ ЗА СОВРЕМ

Геннадий Корнилов, первый заместитель генерального директора ФГУП НАМИ, к.т.н.

Проблемы защиты окружающей среды все в большей степени овладевают умами не только "зеленых", но и создателей автомобильной техники, заставляя их проектировать автомобильные двигатели не только надежными и экономичными, но и "чистыми". На Западе и Востоке к решению этой проблемы приступили практически одновременно с нами. Но российским специалистам реализовать задуманное удастся с трудом.

СЕРТИФИКАЦИЯ БАЗОВЫХ МОДЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Таблица 1

Базовая модель двигателя	Модели, соответствующие нормам	
	ЕВРО-1	ЕВРО-2
Бензиновые двигатели		
ВАЗ-1111	11113-10	Ведется подготовка
ВАЗ-2104, 2107	21073,2106PГ	Ведется подготовка
ВАЗ-2108, 2110, 2121, 2123	2111, 21115, 2112, 21214	2111, 21115, 2112, 21214
УЗАМ-3117, 248	248	248
ЗМЗ-402.10	Не будет соответствовать	Не будет соответствовать
ЗМЗ-4062.10, 40522	4062.10	40522, 4062.10
УМЗ-94В	94В	94В
Дизельные двигатели		
ВАЗ-341, 345	ВАЗ-341, 345	ВАЗ-341
ГАЗ-560	ГАЗ-560	ГАЗ-560
ЗИЛ-645	Не будет соответствовать	Не будет соответствовать
ЗИЛ-6453.20	-	ЗИЛ-6453.20 (2001 г.)
ЗИЛ-550	-	ЗИЛ-0550 (2001 г.)
ЯМЗ-236	236БЕ, 236НЕ	236БЕ2, 236НЕ2, 7601.10
ЯМЗ-238	238БЕ, 238ДЕ	238БЕ2, 238ДЕ2
ЯМЗ-7511, 7512, 7513	-	7511.10, 7512.10, 7513.10
КамАЗ-740	740.11-240 740.20-260 740.21-240	740.30-260 740.50-360 740.51-320 740.52-260 740.53-290
ММЗ-245	245.12С	245.9, 245.12С (2001 г.)
АМЗ-46053	-	46053 (2001 г.)

Технические требования к автомобильным двигателям обусловлены общими требованиями к автомобилям на ближайшее десятилетие. Основными из них являются:

- получение требуемых мощностных характеристик;
- соблюдение международных и российских требований к уровням выбросов вредных веществ и излучения шума;
- существенное уменьшение эксплуатационных расходов;
- обеспечение возможности работы на альтернативных топливах не нефтяного происхождения;
- уменьшение расходов природных ресурсов на производство и эксплуатацию двигателей;
- снижение стоимости двигателей, обеспечивающее конкурентоспособность автомобилей.

Основной технической проблемой при создании двигателей для автомобилей остается обеспечение требований по токсичности отработавших газов. За последние 10 лет предельно допустимые нормы выбросов вредных веществ в Европе были уменьшены в 7...8 раз, и эта тенденция сохраняется.

Российская Федерация присоединилась к Женевскому соглашению и, соблюдая международные обязательства, Госстандарт принял постановление № 184 от 26 мая 1999 г. о применении Правил ЕЭК ООН по безопасности автотранспорта. Государственные стандарты ГОСТ 41... повторяют требования Правил 49 и 83 в отношении ограничения вредных выбросов автомобилей. Действующие в Российской Федерации Правила сертификации автотранспортных средств учитывают мировые тенденции, в связи с чем от производителей требуется внедрение новых конструкций и технологий, обеспечивающих экологическую безопасность не только при эксплуатации, но и на этапе производства.

В Российской Федерации действуют нормы ЕВРО-1 для автомобилей массой до 3,5 т (легковые автомобили, грузовики и автобусы типа "Газель" и "Соболь"), а с 2002 г. вступают в действие более жесткие нормы ЕВРО-2. Для грузовых автомобилей и автобусов с дизельными двигателями действуют нормы ЕВРО-2.

ОАО "АвтоВАЗ", "ГАЗ", "Москвич", ЗАО "ИжмашАвто" технически готовы выпускать легковые автомобили, соответствующие эко-

НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ТОКСИЧНОСТИ ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Таблица 2

Норма	Тип двигателя	Сроки введения				Предельно допустимые выбросы, г/км					Дополнительные требования
		Европа		Россия		СО	СН	NO _x	СН + NO _x	Твердые частицы	
		Норматив	Год	Норматив	Год						
ЕВРО-1	Бензиновый	Правила	1993		1999	2,72	-	-	0,97	-	
	Дизель	83-02 ЕЭК ООН				2,72	-	-	0,97	0,14	
ЕВРО-2	Бензиновый	Правила	1996		2002	2,2	-	-	0,5	-	Цикл UDC+ EUDC. Введены нормы на газовые двигатели
	Газовый	83-03 ЕЭК ООН				1,0	-	-	0,7	0,08	
ЕВРО-3	Бензиновый	Правила	2000		2004 (проект)	2,3	0,2	0,15	-	-	Цикл UDC+ EUDC без 40-секундного прогрева. Новая процедура оценки выделения паров топлива. Обязательное применение бортовой диагностики систем уменьшения токсичности
	Газовый					83-04 ЕЭК ООН	0,64	-	0,5	0,56	
ЕВРО-4	Бензиновый	Правила	2005		Не определен	1,0	0,1	0,08	-	-	Холодные испытания автомобиля (-7 °С). Бортовая система диагностики нового поколения. Применение топлива с ограничениями по бензолу, сере и ароматическим углеводородам
	Газовый					83-05 ЕЭК ООН (проект)	0,5	0,1	0,25	0,3	

ЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ

логическим нормам ЕВРО-1 и -2, однако на внутреннем рынке они пока продают автомобили в неполной комплектации, без нейтрализатора, из-за отсутствия гарантийного снабжения неэтилированным бензином.

ОАО "Автодизель" и "КАМАЗ" сертифицировали основные модификации своих дизелей на соответствие требованиям ЕВРО-2, но выпуск таких двигателей пока недостаточен.

Таким образом, достижение международных норм по токсичности ЕВРО-1, -2 для автомобилей полной массой до 3,5 т и ЕВРО-2 для дизельных грузовиков и автобусов стало вполне реальным для российских производителей. В ближайшей перспективе предстоит решать проблемы достижения уровня норм ЕВРО-3 и -4.

В табл. 2 представлены действующие и перспективные европейские нормы и соответствующие российские стандарты для автомобилей категорий М1 и N1 массой до 3,5 т и сроки их введения. Помимо поэтапного введения более строгих норм меняются и процедуры сертификации на соответствие нормам ЕВРО-3, -4:

- исключается режим предварительного прогрева двигателя (40 с);
- ужесточается процедура испытаний на топливные испарения (термостатирование камеры);
- вводится испытание охлажденного (до температуры -7 °С) автомобиля в камере по городскому ездовому циклу;
- становятся обязательными системы бортовой диагностики;
- вводится более строгий контроль стабильности производства.

При введении новых норм потребуется существенное обновление испытательного оборудования как на заводах, так и в сертификационных испытательных центрах (табл. 3).

В ГНЦ ФГУП НАМИ и на заводах отрасли ОАО "АвтоВАЗ", "ГАЗ", "УАЗ", "ЗМЗ", "Волжские моторы" и др. в основном наработаны мероприятия, которые позволят обеспечить российским ав-

ОБОРУДОВАНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПО ПРОЦЕДУРАМ ЕВРО-3 И ЕВРО-4

Наименование	Стандарт	Оборудованием располагают
Комплекс автоматического управления испытаниями и обработки результатов	ЕВРО-3, -4	АвтоВАЗ, НАМИ, НИЦИАМТ (закупка)
Камера с подогревом для измерения испарений паров топлива	ЕВРО-3	АвтоВАЗ, НИЦИАМТ
Камера с подогревом и беговыми барабанами для измерения испарений паров топлива	ЕВРО-4	Требуется закупка
Холодильная камера с беговыми барабанами	ЕВРО-4	АвтоВАЗ
Система измерения выброса твердых частиц	ЕВРО-3, -4	НАМИ, НИЦИАМТ (закупка)
Стационарные диагностические комплексы систем управления впрыском топлива, зажигания и нейтрализации отработавших газов	ЕВРО-4	-

томобилем категорий М1 и N1 полной массой до 3,5 т выполнение норм ЕВРО-2, ЕВРО-3 и ЕВРО-4 (табл. 4).

Для дизельных двигателей большегрузных автомобилей и автобусов с введением международных норм ЕВРО-3 и ЕВРО-4 поэтапно ужесточаются нормы выбросов вредных веществ и изменяется процедура сертификационных испытаний. Вводится измененный стационарный 13-ступенчатый испытательный цикл для определения токсичности газовых выбросов и выбросов частиц (ЕСС-цикл), а также испытательный цикл двигателя на неустановившихся режимах (ЕТС-цикл), причем двигатели, оборудованные системами улавливания частиц, и газовые двигатели должны испытываться только по циклу с неустановившимися режимами. Вводится также новый испытательный цикл для оценки дымности отработавших газов (ELR-цикл).

Таблица 4

Мероприятия	ЕВРО-				Состояние разработки			
	1	2	3	4	НИОКР	Макет и опытные образцы	Подготовка производства	Производство
1. Электронная система управления подачей топлива и зажиганием (распределенный впрыск) с самодиагностикой	+	+	+	+	Завершены	Есть	Завершена на ВАЗ, ГАЗ, УАЗ Ведется на АЗЛК, Ижмаш	ВАЗ, ГАЗ
2. Многоклапанная система газораспределения			+	+	Завершены	Есть	Завершена на ГАЗ Ведется на ВАЗ	ГАЗ
3. Механизм регулирования фаз газораспределения и подъема клапанов			+	+	НАМИ	Есть	Нет	Нет
4. Механизм регулирования степени сжатия				+	НАМИ	Есть	Нет	Нет
5. Механизм регулирования рабочего объема				+	НАМИ	Есть	Нет	Нет
6. Впускная система с регулируемой длиной каналов				+	НАМИ	Есть	Нет	Нет
7. Непосредственный впрыск топлива в цилиндры			+	+	НАМИ, ЗМЗ, ВАЗ	Есть	Нет	Нет
8. Камера сгорания с глубоким расслоением заряда			+	+	НАМИ, ЗМЗ, ВАЗ	Есть	Нет	Нет
9. Электронные системы зажигания повышенной энергии (двухсвечные, лазерные, плазменные)			+	+	Частично завершены	Есть	Нет	Нет
10. Трехкомпонентный нейтрализатор	+	+	+	+	Завершены	Есть	Есть	АвтоВАЗ-агрегат, УЭХК
11. Нейтрализатор адсорбционного типа (DENOX)				+	НАМИ	Нет	Нет	-
12. Электродогрев нейтрализатора				+	НАМИ, ВАЗ	Нет	Нет	Нет
13. Предпусковой нейтрализатор				+	НАМИ	Есть	Нет	Нет
14. Катализатор повышенной активности			+	+	НАМИ, УЭХК	Есть	Нет	Нет
15. Система ускоренного прогрева двигателя			+	+	НАМИ, ВАЗ	Есть	Нет	Нет
16. Предподогрев масла и охлаждающей жидкости			+	+	НАМИ, ВАЗ	Есть	Нет	Нет
17. Термоизоляция выпускной системы			+	+	НАМИ, ВАЗ	-	-	-
18. Внешняя рециркуляция ОГ	+	+	+	+	Завершены	Есть	Есть	ВАЗ, ГАЗ, УАЗ
19. Внутренняя рециркуляция ОГ			+	+	НАМИ, ВАЗ, ЗМЗ	Есть	Нет	Нет
20. Система улавливания паров топлива повышенной эффективности			+	+	ВАЗ	Есть	Нет	Нет
21. Турбо- и механический наддув воздуха		+	+	+	НАМИ, ВАЗ, УМЗ, УМПО	Есть	Нет	Нет
22. Бортовая диагностика антиоксидантных систем			+	+	НАМИ, ВАЗ, ГАЗ, УАЗ, ИжМАШ, АЗЛК	Есть	ГАЗ, ВАЗ	Нет
23. Неэтилированный бензин	+	+	+	+	Завершены	Есть	Расширение производства	
24. Неэтилированный бензин с пониженным содержанием серы и тяжелых углеводородов			+	+	Ведутся	Есть	Ведется	Нет
25. Сжатый природный и сжиженный нефтяной газы	+	+	+	+	НАМИ	Есть	Ведется	РЗАА, Авто-система и др
26. Альтернативные виды топлив (метанол, водород, синтез-газ)				+	НАМИ	Есть	Нет	Нет

В табл. 5 приведены перспективные нормы выбросов вредных веществ для дизелей, а также нормы дымности отработавших газов.

динамического нагружения двигателя для определения дымности отработавших газов.

Таблица 5

Стандарт	Срок ввода		ECS-цикл				ELR-цикл
	Европа	Россия	CO, г/кВт·ч	HC, г/кВт·ч	NO _x , г/кВт·ч	PT, г/кВт·ч	Дымность, м ⁻¹
Евро-3	2000	2004 (проект)	2,1	0,66	5	0,1	0,8
Евро-4	2005	Не установлен	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Евро-5	2008	Не установлен	1,5	0,46	2	0,02	0,5
Сверхнизкие выбросы вредных веществ	-	-	1,5	0,25	2	0,02	0,15

В табл. 6 приведены перспективные нормы выбросов вредных веществ дизелями при испытаниях по циклу ETS (неустановившиеся

На рис. 3 показан европейский цикл (ETS) испытания двигателя на неустановившихся режимах. Он длится 1800 с и включает

Таблица 6

Стандарт	Срок ввода		ETS-цикл				
	Европа	Россия	CO, г/кВт·ч	Неметановые HC, г/кВт·ч	NO _x , г/кВт·ч	Метан* CH ₄ , г/кВт·ч	PT*, г/кВт·ч
Евро-3	2000	2004 (проект)	5,45	0,78	5	0,8	0,1
Евро-4	2005	Не установлен	4	0,55	3,5	0,5	0,02
Евро-5	2008	Не установлен	4	0,55	2	0,5	0,02
Сверхнизкие выбросы вредных веществ	-	-	3	0,4	2	0,15	0,02

* - содержание метана определяется только для газовых двигателей, но зато по ним не оцениваются выбросы частиц

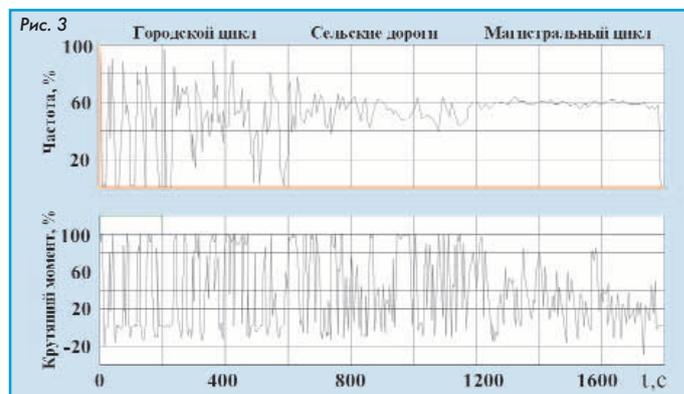
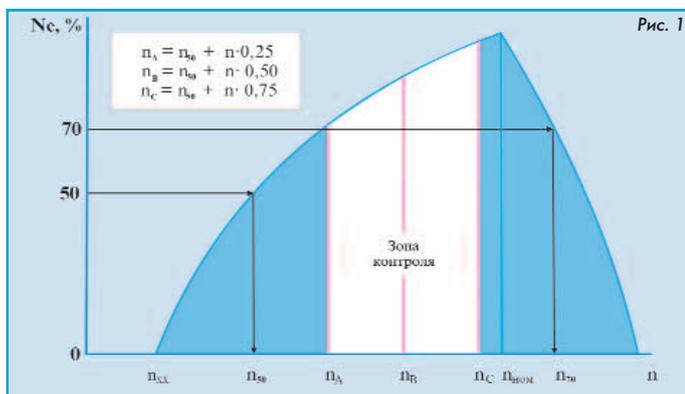
нагрузки), причем в них несгоревшие углеводороды разделены на две категории: неметановые и метановые.

На рис. 1 показана зона контрольных режимов двигателя и схема определения испытательных частот вращения двигателя для новых циклов ESC и ELR. На рис. 2 представлен цикл (ELR)

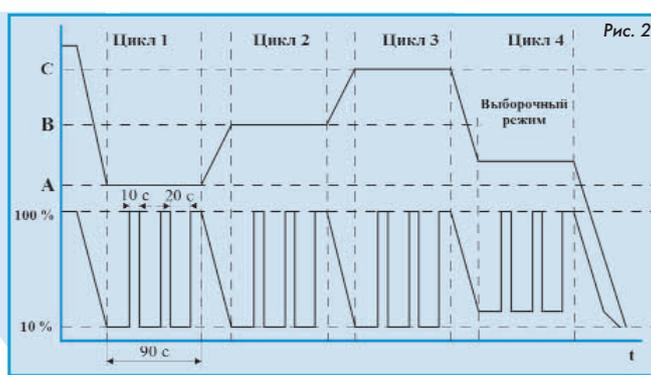
имитацию движения по городу, по сельским и магистральным автодорогам. Значения частоты вращения вала двигателя и нагрузки задаются через каждую секунду. Для реализации этого цикла требуется новое испытательное оборудование, способное в автоматическом режиме его воспроизводить.

Таблица 7

Мероприятия	ЕВРО-			Состояние разработки и внедрения
	2	3	4	
1. Топливная аппаратура: - ТНВД с максимальным давлением впрыскивания не ниже 1000 бар; - распылители форсунок с оптимизированным направлением, диаметром и количеством сопловых отверстий (под выбранную камеру сгорания и параметры вихревого движения заряда); - центральное размещение форсунки в головке цилиндров; - электронно-управляемая система топливоподдачи, реализующая процесс многофазного впрыскивания: - с механическим приводом плунжера (столбиковые насосы); - аккумуляторные системы; - гидроприводные насос-форсунки	+	+	+	Разработка завершена. Производство на АО "ЯЗТА", АО "ЯЗДА" Разработка завершена. Производство на АО "ЯЗТА", АО "ЯЗДА" и Алтайском заводе прецизионных изделий НИОКР Разработка завершена. Производство на АО "Автодизель" НИОКР. Опытные образцы на АО "Автодизель" и АО "ЯЗТА" НИОКР НИОКР НИОКР
2. Оптимизация формы камеры сгорания	+	+	+	Разработка завершена. Идёт расширение производства на АО "Автодизель" и АО "КамАЗ" НИОКР
3. Система газораспределения: - четырёхклапанное газораспределение; - оптимизация фаз перекрытия клапанов; - регулируемые фазы газораспределения	+	+	+	Разработка завершена. Производство на АО "Автодизель" НИОКР Разработка завершена. Производство на АО "Автодизель" и АО "КамАЗ" НИОКР НИОКР
4. Турбонаддув: - нерегулируемый турбокомпрессор (ТКР); - регулируемый ТКР с перепускным клапаном; - регулируемый ТКР с изменяемой геометрией турбины	+	+	+	Разработка завершена. Производство на АО "Автодизель" и АО "КамАЗ" НИОКР НИОКР
5. Охлаждение наддувочного воздуха: - охладитель типа "воздух-воздух"; - система глубокого охлаждения	+	+	+	Разработка завершена. Производство на АО "Автодизель" и АО "КамАЗ" НИОКР
6. Цилиндро-поршневая группа с низким угаром масла	+	+	+	Разработка завершена. Производство на АО "Автодизель" и АО "КамАЗ" НИОКР
7. Система рециркуляции ОГ: - электронно управляемый неохлаждаемый перепуск отработавших газов; - электронно управляемый охлаждаемый перепуск отработавших газов	+	+	+	НИОКР НИОКР НИОКР
8. Система регулирования степени сжатия	+	+	+	НИОКР
9. Дизельное топливо: - с пониженным до 0,05 % содержанием серы; - с пониженным до 0,005-0,01 % содержанием серы	+	+	+	Разработка завершена. Промышленный выпуск освоен на Московском НПЗ. Освоение выпуска на других НПЗ НИОКР
10. Применение альтернативных топлив: - конвертация в газовый двигатель с электронно управляемой центральной подачей газа; - конвертация в газовый двигатель с электронно управляемой распределённой подачей газа; - с системой подачи испарённого метанола на впуск; - с системой подачи диметилевого эфира	+	+	+	НИОКР. Опытные образцы в НАМИ НИОКР НИОКР НИОКР
11. Система нейтрализации ОГ: - окислительный нейтрализатор-глушитель; - фильтр-нейтрализатор-глушитель с автоматической каталитической регенерацией; - нейтрализаторы NO _x с дополнительной подачей топлива в качестве восстановления; - четырёхкомпонентная (CO, CH, NO _x , PT) окислительно-восстановительная система	+	+	+	Разработка завершена. Освоено производство в НАМИ и на ММП "Салют" НИОКР. Опытные образцы в НАМИ НИОКР НИОКР



В ГНЦ ФГУП НАМИ и на заводах моторостроительного профиля, таких как ОАО "Автодизель", ОАО "КАМАЗ" разработан комплекс мероприятий, обеспечивающих дизельным двигателям тяжёлых грузовых автомобилей и автобусов выполнение перспективных международных требований по токсичности (табл. 7). В каждом конкретном двигателе реализация всех указанных мероприятий может быть и необязательна, но набор их вполне достаточен.



Среди причин, сдерживающих выпуск экологически чистых автотранспортных средств, можно назвать:

- отсутствие в достаточном объеме экологически чистого топлива (неэтилированного бензина и малосернистого дизельного топлива);
- неэффективность правового законодательства по экологической безопасности автомобильного транспорта;
- отсутствие государственного регулирования по санкциям и экономическому стимулированию выпуска предприятиями экологически чистой продукции в области автомобильного транспорта;

- необеспеченность промышленности экологически чистыми материалами и комплектующими;
- низкий уровень технологии производства и необеспеченность предприятий современным оборудованием;
- низкий уровень технического обслуживания и культуры эксплуатации автотранспортных средств;
- недостаточные объемы выпуска контрольно-измерительных приборов и оборудования для современного обслуживания и диагностики автомобилей;
- отсутствие программы фискальных мер, стимулирующих предприятия к выпуску экологически чистой продукции и ее эффективной эксплуатации;
- недостаточный уровень поисковых исследований из-за неудовлетворительного государственного финансирования федеральных научно-технических программ.

Проблема экологии автотранспорта должна стать приоритетной государственной задачей и может быть решена только с привлечением всех механизмов государственного управления.

ПРОБЛЕМЫ, ТРЕБУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ НА ФЕДЕРАЛЬНОМ УРОВНЕ	Исполнитель
Принятие и поддержание системы нормирования экологических показателей на международном уровне	Госстандарт
Принятие законодательного акта, разрешающего более жесткое региональное экологическое нормирование параметров автотранспорта	Госдума РФ
Принятие закона "Об обеспечении экологической безопасности автотранспорта"	Госдума РФ, Минтранс
Принятие закона "О повышении экологической безопасности и качества нефтепродуктов и газовых моторных топлив для автотранспорта"	Госдума РФ, Минтопэнерго, Госстандарт
Принятие закона "Об использовании природного газа в качестве моторного топлива"	Госдума РФ, Минтопэнерго, Минтранс
Введение изменений в закон "О таможенном тарифе", предусматривающий предоставление таможенных льгот при ввозе автомобильных комплектующих, технологического, испытательного и контрольно-измерительного оборудования	Госдума РФ, ГТК РФ, Минфин
Введение платы за загрязнение атмосферы автотранспортными средствами путем дополнительного акциза на топливо при его розничной реализации, дифференцированной от класса экологической безопасности и экологической ситуации в регионе	Министерство по налогам и сборам
Введение таможенных барьеров, ограничивающих ввоз в РФ изношенных и устаревших автомобилей с низкими показателями экологической безопасности	ГТК РФ, Госстандарт
Введение в налоговый кодекс РФ изменений, предусматривающих: <ul style="list-style-type: none"> - прогрессивное снижение акциза и налога на добавленную стоимость при производстве автомобилей и их комплектующих, горюче-смазочных материалов в зависимости от их экологической безопасности; - предоставление льгот по налогу на добавленную стоимость при ввозе не производимых в РФ автомобильных компонентов, испытательного и контрольно-измерительного оборудования и запасных частей к ним; - прогрессивное снижение платы, взимаемой с предприятий и организаций при регистрации приобретенного транспортного средства в зависимости от класса его экологической безопасности; - прогрессивное снижение дорожного сбора с автотранспортных средств в зависимости от класса его экологической безопасности 	Министерство по налогам и сборам
Принятие Постановления Правительства РФ "Об обеспечении условий для введения в РФ международных требований в области экологии автотранспортных средств", предусматривающих запрет с 01.01.2002 г. реализации на территории РФ этилированных бензинов и поэтапный переход до 2005 г. на малосернистые дизельные топлива	Правительство РФ, Госстандарт

DIGEST

HOW TO BE IN TIME WITH UP-TO-DATE REQUIREMENTS

Today, the problem of environmental protection is not only a brain wave of "green peace" society but also puzzling manufactures of motor-car vehicles, forcing them to design automobile engines not only reliable and efficient but also clean. NAMI State Research Center and companies of automobile industry have developed technologies which would help 3,5-t Russian automobiles to meet EURO-2, EURO-3, and EURO-4 requirements. In addition, a series of methods was proposed aiming at meeting future international requirements to toxicity by Russian diesel engines of heavy lorries and buses. At the same time, there is a number of the reasons restraining manufacturing of ecology-friendly motor vehicles in Russia. For elimination of these negative factors it is necessary to convert the ecology problem into the goal of the 1st priority in Russia .

УМПО

УСПЕХ НАДО ПРОГРАММИРОВАТЬ



Валерий Лесунов,
генеральный директор ОАО "УМПО"

Поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) мощностью от нескольких ватт до десятков тысяч киловатт применяются в самых различных областях деятельности. Благодаря своим особенностям - автономности, высоким удельным эксплуатационным показателям, низкому удельному расходу топлива, способности работать в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов - двигатель внутреннего сгорания является самым распространенным источником механической энергии, а в автомобильном транспорте - практически единственным.

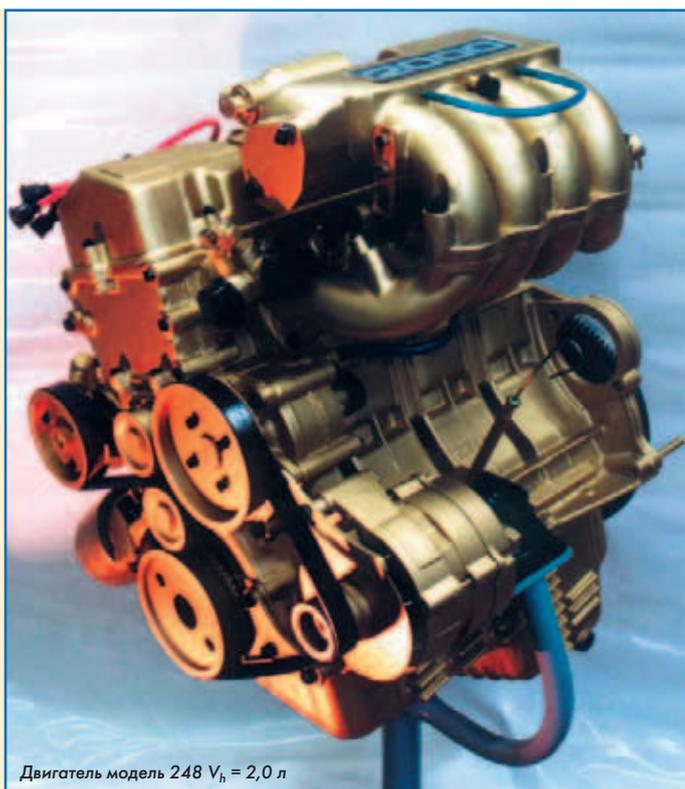
Как известно, у медали есть оборотная сторона, причем почему-то в это словосочетание вкладывается отрицательный оттенок (какая разница - медаль она и есть медаль?). А вот у современного двигателя "оборотная сторона" действительно негативная - высокая токсичность отработавших газов. По официальным данным, в ряде крупных центров Российской Федерации (Москва, Санкт-Петербург, Краснодар, Омск, Уфа) и даже в сравнительно небольших городах, в том числе в относительно благополучной в этом смысле Республике Башкортостан (Нефтекамск, Бирск, Агидель и др.), на долю автомобильных двигателей приходится до 90 % выбрасываемых токсичных веществ. Загрязненность воздуха, например, в центре Москвы превышает норму в 15...30 раз.

Международное сообщество, обеспокоенное создавшимся положением, принимает все более жесткие нормы, ограничивающие загрязняющие атмосферу выбросы двигателей внутреннего сгорания.

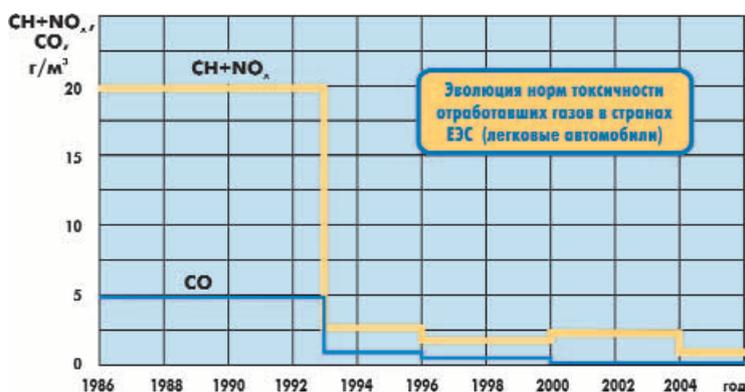
Эффективное снижение содержания вредных выбросов ДВС до установленных величин невозможно без применения средств нейтрализации токсичных компонентов. На сегодняшний день наибольшее распространение получил каталитический способ нейтрализации. Другие способы либо недостаточно действенны, либо связаны с затратами, неадекватными получаемому результату.

Для эффективной и долговечной работы нейтрализатора необходимо выполнить ряд условий. Наиболее известные из них - использование неэтилированного бензина и обеспечение требуемого состава топливовоздушной смеси на всех режимах работы двигателя. Первое достигается путем реорганизации нефтехимического производства в масштабах страны. Для выполнения второго условия двигатель должен быть оборудован соответствующей комплексной электронной системой управления двигателем (ЭСУД), включающей датчики режима работы двигателя (массового расхода, частоты вращения, положения вала, детонации), исполнительные элементы (форсунки, свечи, катушки), а также электронный блок управления. Если одни и те же датчики и исполнительные элементы могут использоваться (и используются) на разных двигателях (УЗАМ, ГАЗ, ВАЗ), и при этом аналогичные изделия различных производителей могут быть взаимозаменяемыми (например, датчики детонации GT-305 фирмы Bosch и отечественные аналоги производства УЭМЗ, "Автоприбор" и др.), то интеллектуальная начинка блока управления - программа - строго индивидуальна для каждой модели двигателя. Разработка и адаптация последней, как правило, составляет основную статью расходов времени и затрат средств при создании ЭСУД.

Поэтапная программа развития производства автомобильных моторов на ОАО "УМПО", проводимая специалистами предприятия совместно с австрийской фирмой AVL List GmbH и отечественными организациями ГНЦ НАМИ и НПП "ЭЛКАР" и уже представленная читателям ("Двигатель" № 5, 1999), предусматривает на первых этапах модернизацию выпускаемых в настоящее время двигателей с целью обеспечения ими требуемых показателей токсичности. В рамках этой программы выполнена адаптация системы управления двигателя с рабочим объемом 1,8 л. В марте 2000 г. с положительными результатами



Двигатель модель 248 V_h = 2,0 л



Основной сборочный конвейер УЗАМ



Автоматическая линия обработки коленвала двигателя УЗАМ

ми завершились сертификационные испытания автомобилей ДОО "ИжМаш-Авто" Иж-2126 и Иж-2717 с указанным двигателем на автополигоне НИЦИАМТ (Дмитров). Проверялось соответствие экологическим нормам ЕВРО-1 - Правила ЕЭК ООН № 83-02В. В ноябре 2000 г. столь же успешно закончились испытания по нормам ЕВРО-2 - Правила ЕЭК ООН № 83-03В, что позволяет говорить о положительных итогах первого этапа программы (см. таблицу).

Последние результаты испытаний свидетельствуют о том, что автомобили с нашими двигателями по токсичности со значительным запасом укладываются в нормы ЕВРО-2 и в основном удовлетворяют перспективным требованиям ЕВРО-3. Такая ситуация позволяет предположить в ближайшем будущем уверенное выполнение требований ЕВРО-3.

Использование ЭСУД позволило также улучшить потребительские качества автомобилей: понизить расход топлива, обеспечить надежный запуск двигателя, повысить мощность и крутящий момент. На сегодняшний день полным ходом идут работы, предусмотренные вторым этапом программы - создание двигателя с рабочим объемом 2,0 л.с. перспективой выполнения норм ЕВРО-3. Результаты, достигнутые при создании двигателя с объемом 1,8 л, а также максимальное использование существующего задела производства основных деталей и агрегатов, позволяют надеяться на успешное и своевременное выполнение данного этапа программы развития.

Автомобиль	Уровни эмиссии вредных веществ, г/км			
	CO	CH	NO _x	CH+NO _x
Иж-2126 (март 2000 г.)	1,71	0,14	0,05	0,19
с коэффициентом ухудшения 1,2	2,05	-	-	0,26
Нормы № 83-02В (ЕВРО-1)	2,72	-	-	0,97
Иж-2126-022 (ноябрь 2000 г.)	1,61	0,13	0,03	0,16
с коэффициентом ухудшения 1,2	1,93	0,16	0,04	0,19
Иж-2717-222 (ноябрь 2000 г.)	0,76	0,07	0,15	0,22
с коэффициентом ухудшения 1,2	0,91	0,08	0,18	0,31
Нормы № 83-03В (ЕВРО-2)	2,2	-	-	0,5
Нормы ЕВРО-3 (проект)	2,3	0,2	0,15	-

DIGEST

THE SUCCESS NEEDS TO BE PROGRAMMABLE

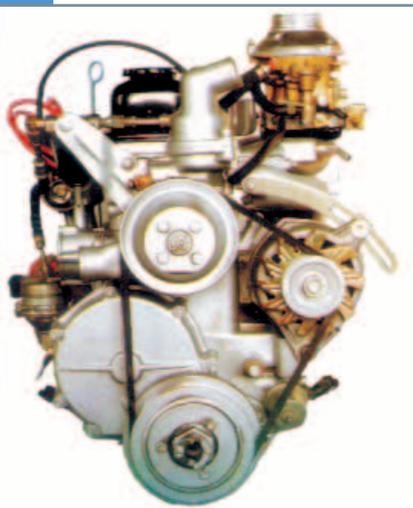
The internal combustion piston engines (ICEs) are the most widespread sources of mechanical energy, and in automobiles - are practically the single one. However, a present-day ICE is characterized by high toxicity of exhaust gases. An effective reduce of the harmful emission to acceptable values is impossible without means aiming at neutralization of toxic elements. For effective and long-life operation of the neutralizer it is necessary to use unleaded gasoline and to ensure a required composition of fuel-air mixture at all engine operating conditions. To meet the second requirement the engine should be equipped with a complex electronic control system including sensors, actuators, as well as an electronic control unit. A "smart" core of the control unit - the software - is strictly individual for every engine version. As a rule, the development and integration of this software is the most time- and cost- consuming procedure in designing of the engine electronic control system (EECS).

The integration of the engine control system of Vh=1,8-l series engine has been completed within the framework of the program aiming at upgrading present-day series engines. The encouraging results of certification tests meeting EUROII standards of Izh-2126 and Izh-2117 automobiles powered by this engine make possible to conclude that the 1st stage of the program was successful. The Izh-2116-022 powered by UZAM's Vh = 1,8-l engine can meet all EUVRO III emission requirements with 20% reserve. The EECS made possible to decrease fuel consumption, ensure reliable engine start-ups, increase power and torque. Today, the 2nd stage of the program is under way, i.e. the development of Vh = 2,0-l engine aiming at EURO III standards.

Ульяновские МОТОРЫ



Анатолий Федоровичев, заместитель главного конструктора ОАО "Волжские моторы"



Двигатель 4178.10

Ульяновский завод малолитражных двигателей был создан в 1944 г. Его первой продукцией стали небольшие стационарные двигатели ЛЗ/2, служившие в качестве силовых приводов генераторов и различных механизмов. В первые послевоенные годы завод освоил выпуск более мощных моторов Л6/3, нашедших широкое применение в сильно поста-

давших в период боев сельских районах страны. В середине пятидесятых годов на смену этим агрегатам, нуждавшимся в водяном охлаждении, пришли малолитражные двигатели "Ульяновец" с воздушным охлаждением, а с 1983 г. предприятие выпускает мотонасосный агрегат "Свяига" с двухцилиндровым бензиновым двигателем. На международной выставке в Познани (Польша) агрегат "Свяига", предназначенный для применения в личном подсобном хозяйстве, был отмечен золотой медалью.

В 1968 г. в жизни предприятия произошли важные перемены. Решением правительства оно было преобразовано в Ульяновский моторный завод и перед ним была поставлена задача: развернуть производство автомобильных двигателей, прежде выпускавшихся в Заволжье, Горьковской области. На заводе была произведена реконструкция и техническое перевооружение, обеспечившие повышение эффективности производства и качества продукции.

Четырехцилиндровые карбюраторные двигатели рабочим объемом 2,45 л предназначались для отечественных "джипов" - пассажирских, грузовых и многоцелевых вездеходов марки "УАЗ". В дальнейшем конструкторский коллектив завода на основе заволжского мотора сумел разработать ряд новых, более мощных и совершенных двигателей. В 1993 г. Ульяновский моторный завод был реорганизован и стал называться ОАО "Волжские моторы". В настоящее время им осуществляется крупносерийное производство автомобильных двигателей двух семейств:

- с рабочим объемом 2,45 л, в том числе модель 4178.10 с карбюраторной системой топливоподачи и модель 420.10 с электронным впрыском топлива, предназначенные для установки на автомобили УАЗ-31544, УАЗ-3962, УАЗ-3303 и др.;

- с рабочим объемом 2,89 л, в том числе модель 421.10 и ее модификации с карбюраторной системой топливоподачи и модель 4213.10 с электронным впрыском топлива, предназначенные для установки на модернизированные УАЗ-31519, УАЗ-3153, УАЗ-33039 и новые грузопассажирские автомобили УАЗ-3160 и УАЗ-3162.

Указанные модели двигателей имеют нижний распределительный вал и штанговый привод клапанов, отличаются умеренным уровнем форсирования (до 40 л.с./л). Эксплуатация автомо-

тотражных двигателей был создан в 1944 г. Его первой продукцией стали небольшие стационарные двигатели ЛЗ/2, служившие в качестве силовых приводов генераторов и различных механизмов. В первые послевоенные годы завод освоил выпуск более мощных моторов Л6/3, нашедших широкое применение в сильно поста-

давших в период боев сельских районах страны. В середине пятидесятых годов на смену этим агрегатам, нуждавшимся в водяном охлаждении, пришли малолитражные двигатели "Ульяновец" с воздушным охлаждением, а с 1983 г. предприятие выпускает мотонасосный агрегат "Свяига" с двухцилиндровым бензиновым двигателем. На международной выставке в Познани (Польша) агрегат "Свяига", предназначенный для применения в личном подсобном хозяйстве, был отмечен золотой медалью.

В 1959 г. завод освоил производство лодочного двухтактного одноцилиндрового подвесного мотора "Стрела". Он стал родоначальником целой серии лодочных моторов, изготавливаемых в Ульяновске до настоящего времени. В 1965 г. "Стрелу" сменил более совершенный "Ветерок" - двухцилиндровый подвесной двигатель, выпускавшийся в широкой гамме модификаций. Эти моторы отличались компактностью, небольшой массой, простотой конструкции в сочетании с экономичностью. На их основе были созданы и серийно производились экспортные модификации, получившие наименование "WIND". Различные варианты "Ветерка" выпускаются и сегодня.

Двигатели "Ветерок" неоднократно получали высокие оценки как отечественных, так и зарубежных специалистов. Конвейерная сборка, при-



Подвесной мотор "Ветерок-12"

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛОДОЧНЫХ МОТОРОВ

Характеристика	Ветерок-6	Ветерок-8	Ветерок-8P*	Ветерок-9,9	Ветерок-12	Ветерок-12P*
Число цилиндров	2	2	2	2	2	2
Масса, кг	24,5	24,5	26	24,5	25,5	27
Рабочий объем, см ³	173	173	173	173	249	249
Диаметр цилиндра, мм	50	50	50	50	60	60
Ход поршня, мм	44	44	44	44	44	44
Степень сжатия	7	7	7	7	6	6
Номинальная мощность, л.с.	6	8	8	9,9	12	12
Расход топлива, кг/ч	2,5	3,2	3,2	3,9	5	5
Емкость бака, л	14	14	14	14	14	14
Частота вращения, мин ⁻¹	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Диаметр винта и его шаг, мм	190x202	190x202	216x210	190x202	210x225	222x240

Примечание: * - вариант с реверс-редуктором. Кроме того, выпускаются моторы с удлиненной подводной частью.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Характеристика	421.10	421.10-30	4213.10	4215.10-30	4216.10	4218.10	249.10
Число цилиндров	4	4	4	4	4	4	4
Масса, кг	165	165	170	172	170	163	170
Рабочий объем, л	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89
Диаметр цилиндра, мм	100	100	100	100	100	100	100
Ход поршня, мм	92	92	92	92	92	92	92
Степень сжатия	7	7	8,2	8,2	8,2	7	8,8
Номинальная мощность, л.с.	105...108	112	115	110	115	98...100	150
Максимальный крутящий момент, кгс-м	22	22,5	22,5	22	22,5	21	24,5
Удельный расход топлива, г/(л.с.-ч)	210	215	205	215	205	215	185
Марка бензина	А-76	АИ-92 или АИ-93	АИ-92 или АИ-93	АИ-92 или АИ-93	АИ-92 или АИ-93	А-76	АИ-92 или АИ-93
Система топливоподачи	Карбюратор	Карбюратор	Электронный впрыск	Карбюратор	Электронный впрыск	Карбюратор	Электронный впрыск
Назначение	УАЗ	УАЗ-3160	-	"Газель"	"Газель"	УАЗ	УАЗ
Год начала выпуска	-	1998	-	1998	1999	1995	2000

билей с двигателями 4218.10 и 421.10 продемонстрировала значительное улучшение их динамических характеристик. Внедрение комплексной микропроцессорной системы управления топливоподачей и зажиганием с обратными связями по датчику кислорода и датчику детонации позволило начать выпуск двигателя 4213.10. Он рассчитан на работу с трехкомпонентным нейтрализатором и обеспечивает выполнение новых, более жестких норм ЕЭК ООН.

С 1997 г. ОАО "Волжские моторы" освоило производство двигателей повышенной мощности для автомобилей "Газель", выпускаемых нижегородским производственным объединением "ГАЗ". Двигатели моделей 4215.10-10 (бензин А-76) и 4215.10-30 (бензин АИ-92 или АИ-93) были разработаны на базе мотора 421.10 и отличаются от него наличием дополнительного привода вентилятора. Модель 4215.10-30 оснащена системой рециркуляции отработавших газов, значительно снижающей токсичность выхлопа.

В 2000 г. завод приступил к мелкосерийному изготовлению новых двигателей модели 249.10 с комплексной микропроцессорной системой управления впрыском топлива и зажиганием. Двигатель отличается верхним расположением распределительного вала и наличием гидротолкателей в газораспределительном механизме, что обеспечивает снижение уровня шума и эксплуатационных затрат.

Блок цилиндров выполнен из алюминиевого сплава с залитыми тонкостенными гильзами из чугуна. Конструкция блока не имеет аналогов в России, в июне 1998 г. на способ изготовления блока получен патент РФ. Применение оригинальной конструкции блока цилиндров позволило:

- значительно увеличить структурную жесткость и тем самым повысить ресурс цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма;
- уменьшить уровень шума, излучаемого двигателем;
- уменьшить количество тепла, отдаваемого в охлаждающую жидкость, и благодаря этому снизить тепловую напряженность системы охлаждения автомобилей.

Вместе с тем, конструкторы "Волжских моторов" сумели сохранить технологическую совместимость нового двигателя с серийно выпускаемыми моделями. Так, остались неизменными межцилиндровое расстояние, координаты расположения силовых шпилек на блоке цилиндров, координаты впускных и выпускных клапанов на головке блока цилиндров и др. Применен ряд деталей и узлов от серийных двигателей: коленчатый вал, шатуны, поршни и другие детали, однако требования, предъявляемые к их качеству, стали более жесткими.

Двигатель модели 249.10 предназначен в основном для установки на перспективные грузопассажирские автомобили

УАЗ-3160 и УАЗ-3162, а также на новинку Ульяновского автозавода - "минивэн" УАЗ-3165. Характеристики двигателя почти идеально соответствуют требованиям использования его на автомобилях повышенной проходимости и малотоннажных грузовиках. Предполагается, что модель 249.10, с учетом ее достаточной мощности и удовлетворения требованиям норм ЕВРО-2 и ЕВРО-3 по токсичности, найдет широкое применение на автомобилях ОАО "ГАЗ".

Следует подчеркнуть, что двигатели семейств 421.10 и 249.10 изначально создавались для автомобилей повышенной проходимости и легких грузовиков, поэтому при установке на автомобили класса "Газель" они имеют заметные преимущества перед двигателями аналогичного класса, выпускаемыми в России. Так, они имеют больший крутящий момент (приблизительно на 10 %), равную или большую мощность при меньшей частоте вращения коленчатого вала. В результате автомобиль получает лучшие динамические характеристики как при эксплуатации в городских условиях, так и в сельской местности.

Наличие моделей, работающих на низкооктановом бензине А-76, позволяет при необходимости снизить затраты на эксплуатацию ульяновских моторов. Немаловажно и то, что они в среднем на 15 кг легче двигателей ОАО "ЗМЗ" при равной мощности. Эти преимущества позволяют ОАО "Волжские моторы" уверенно смотреть в будущее и рассчитывать на расширение применения своей продукции отечественными автомобильными заводами. Так, если за первые 9 месяцев 1999 г. "Волжские моторы" выпустили 82 154 автомобильных двигателя (из них 59 710 для ОАО "УАЗ" и 11 224 для ОАО "ГАЗ"), то за аналогичный период 2000 г. - уже 99 020 единиц (в том числе 70 637 - для ОАО "УАЗ" и 14 762 - для ОАО "ГАЗ").



Двигатель 4218.10



Агрегат "Свяга"

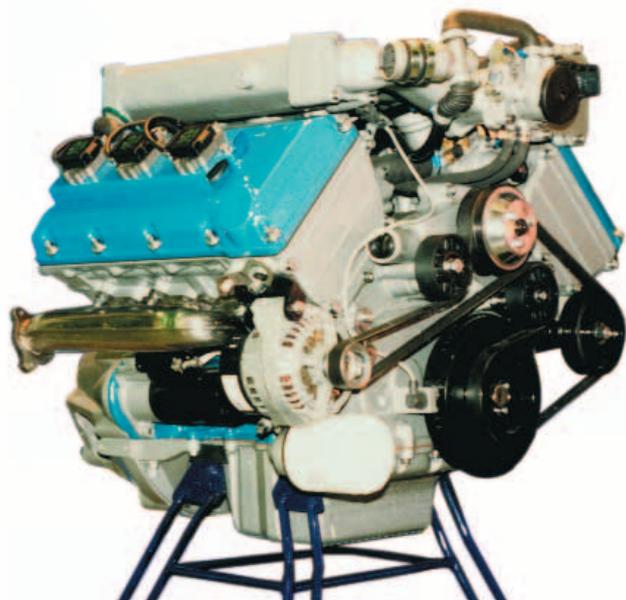
DIGEST

The history of Ulyanovsk Motor Facility (present-day "Volga Motors" Co.) started in 1944 with manufacturing of small stationary motors used as drives of generators and various mechanisms. Later on, the facility launched commercial production of "Veterok" outboard engines, and since 1968, the company has been manufacturing automobile engines. Nowadays, "Volga Motors" Co. produces over 100,000 engines per year for "UAZ" and "GAZ" trucks. The company is very close to series manufacturing of 249.10 new automobile engine provided with a microprocessor control system of fuel injection and ignition featuring by improved technical and economic parameters.

ULYANOVSK MOTORS

ДВИГАТЕЛИ ОАО "ЗМЗ"

Виктор Пичугин,
консультант технического директора



Основной продукцией ОАО "ЗМЗ" являются бензиновые 4-цилиндровые рядные двигатели (P4) мощностью 90...150 л.с. и 8-цилиндровые V-образные двигатели (V8) мощностью 120...220 л.с. Кроме того, предприятие производит двигатели, работающие на сжатом природном или сжиженном нефтяном газе мощностью 100...105 л.с.,

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ					
Модель двигателя	Рабочий объем, л	D/S, мм	Мощность, кВт	Момент, Н·м	Топливо, система питания
4026.10	2,445	92/92	62,5	167	СГ, К
4028.10	2,445	92/92	73,5	184	БПГ, К
4103.10	2,89	100/92	67,4	194	ПГ, К
512.10	4,25	92/80	92	295	БПГ, К
522.10	4,25	92/80	114	299	Б, впрыск
5232.10	4,67	92/88	107	333	Б, впрыск
523.10	4,67	92/88	132	323	Б, впрыск
ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЕЙ V6x90°					
Диаметр цилиндра, мм		92		95,5	
Ход поршня, мм		80		80	
Рабочий объем, л		3,19		3,44	
Мощность, л.с.		207		224	
Крутящий момент, Н·м		284		304	

Таблица 2

а также моторы мощностью 85 л.с., работающие только на сжиженном нефтяном газе. Потребителями продукции ЗМЗ являются ОАО "ГАЗ", АО "УАЗ" и ОАО "Павловский автобус". Следует отметить, что конструкция новых двигателей с комплексной системой управления впрыском топлива и зажиганием для легковых автомобилей "Волга" (ЗМЗ-4062.10) и с карбюраторной системой питания для 1,5 т грузовых автомобилей "Газель" (ЗМЗ-4061.10 и ЗМЗ-4063.10) содержит ряд современных решений:

- четырехклапанную систему газораспределения с двумя верхними распределительными валами;
- гидравлические толкатели клапанов;
- автоматические гидравлические натяжители цепей;
- поликлиновой ремень привода вспомогательных агрегатов.

Кроме того, в двигателях использованы и другие новые для завода технические решения: чугунный моноблок, диафрагменное сцепление, цепной привод распределительных валов. Все выпускаемые двигатели выполняют требования по шуму ДВС ОСТ 37.000.266 "Шум автомобильных двигателей. Допустимые уровни и методы измерений" и имеют экологический сертификат соответствия российским требованиям к выбросам вредных веществ.

Для повышения конкурентоспособности и расширения сферы применения двигателей специализация ЗМЗ модернизирует выпускаемые типы и создают новые (табл. 1). На базе 4-цилиндровых двигателей с рабочим объемом 2,445 л и 2,89 л разработаны модели

Первый двигатель ЗМЗ-21 к автомобилю "Волга-21" был изготовлен на Заволжском моторном заводе 4 ноября 1959 г. Уже через четыре месяца, в феврале 1960 г., завод начал его массовое производство. С тех пор прошло более 40 лет, и ныне ЗМЗ серийно выпускает и готовит к производству более 60 модификаций двигателей.

карбюраторных (К) двигателей, работающих на сжатом природном газе (ПГ), сжиженном нефтяном газе (СГ), или одновременно на бензине и природном газе (БПГ). Все двигатели V8 будут иметь как карбюраторную систему питания, так и систему электронного впрыска топлива. Применение электронного впрыска топлива и газа связано с ужесточением норм по токсичности отработавших газов.

На базе ЗМЗ-4062.10 разработаны двигатели моделей 405.10 (2,5 л) и 409.10 (2,7 л) с электронной системой впрыска топлива, а также ЗМЗ-4064.10 (2,3 л) с турбонаддувом и промежуточным охладителем наддувочного воздуха. Двигатели этих моделей предназначены для установки на автомобили ГАЗ и УАЗ, а также на экраноплан "Волга-2", аэросани АС-2 и другие транспортные средства.

С 1996 г. на ЗМЗ ведется разработка семейства двигателей V6 (ЗМЗ-301.10) (табл. 2). За основу взят ЗМЗ-406.10; при этом часть деталей двигателей обоих типов будет унифицированной. Что касается технологического оборудования, то оно также будет общим. Выбор угла развала цилиндров 90° позволил обеспечить минимальную длину и массу нового двигателя.

В настоящее время проводятся заводочные стендовые испытания двигателя, основная область применения которого - престижные легковые автомобили, джипы, малотоннажные грузовые авто-

Таблица 3

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ЗМЗ-514.10			
Параметр	Модификации		
	Без охлаждения наддувочного воздуха и ТА типа VE	Без охлаждения наддувочного воздуха и ТА типа VP	С охлаждением наддувочного воздуха и ТА типа VP
Мощность, кВт	72	81	96
Максимальный крутящий момент, Н·м	216	235	284
Удельный расход топлива, г/кВт·ч	231	210	210
Средний расход топлива на 100 км, л	8,0	-	-
Масса, кг	225	215	215
Экологические показатели	Евро II	Евро II	Евро III

мобилю и микроавтобусы. В дальнейшем предполагается создание модификации двигателя V8 по схеме V6x90°.

Создание на базе ЗМЗ-406.10 двигателей семейств P4 и V6 (объем 2,3...3,4 л, мощность 73...165 кВт, крутящий момент 181...304 Н·м) позволит обеспечить силовыми агрегатами практически все ныне выпускаемые и перспективные автомобили ГАЗ.

Основываясь на маркетинговом исследовании рынка, на ОАО "ЗМЗ" принято решение о разработке дизельных двигателей с рабочим объемом 2,24 л (ЗМЗ-514.10) и 4,0 л (ЗМЗ-516.10) и развертывании их производства. Дизель ЗМЗ-514.10 будет выпускаться в нескольких модификациях (табл. 3), отличающихся конструкцией турбонаддува и установочной топливной аппаратурой (ТА) с механическим (типа VE) или с электронным (типа VP) регулированием. У всех модификаций одинаковые диаметр цилиндра (87 мм), ход поршня (94 мм) и степень сжатия (19,5). Эти дизели предназначены для автомобилей грузоподъемностью до 2 тс, а также в качестве силовых агрегатов для быстроходных катеров и яхт, тепло- и электроагрегатов, других машин и установок. В настоящее время проводятся испытания на безотказность и выполняется оценка надежности конструкции двигателей в составе автомобилей ГАЗ и УАЗ. В декабре 2000 г. закончились испытания автомобиля УАЗ-3160 с двигателем ЗМЗ-514.10 на испытательном полигоне НАМИ, в ходе которых было подтверждено выполнение норм Евро-II.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Таблица 4

Наименование двигателя	Тип двигателя	Диаметр цилиндра, мм	Ход поршня, мм	Рабочий объем, л	Степень сжатия	Гарантируемая мощность при частоте вращения коленвала, кВт/мин ⁻¹	Максимальный крутящий момент при частоте вращения коленвала, Н·м/мин ⁻¹	Минимальный удельный расход топлива по внешней характеристике		Удельный расход топлива при N _{max}		Топливо	Масса незаправленного двигателя, кг	Ресурс, тыс. км	Расход масла на угар от расхода топлива, %	Нарботка на отказ, тыс. км	Гарантийная наработка, тыс. км
								г/кВт·ч	л/кВт·ч	г/кВт·ч	л/кВт·ч						
								Рядные, 4-цилиндровые, 4-тактные									
4027.10	К, Г	92	92	2,445	8,2	62,5 4500	167 2400...2600	-	-	-	-	СГ	181	250	0,3	12	-
	К, Б	92	92	2,445	8,2	62,5 4500	176,5 2400...2600	292,4	-	347	-	АИ-93	181	250	0,4	12	-
402.10	К, Б	92	92	2,445	8,2	73,5 4500	182 2400...2600	286	-	340	-	АИ-93	181	250	0,4	12	-
4026.10	К, Б	92	92	2,445	8,2	73,5 4500	182 2400...2600	286	-	340	-	АИ-93	184	160	0,4	20	-
402.10	К, Б	92	92	2,445	8,2	72,1 4500	180 2400...2600	292	-	347	-	АИ-93	181	250	0,4	10	-
4021.10	К, Б	92	92	2,445	6,7	66,2 4500	173 2400...2600	292	-	362	-	А-76	181	250	0,4	12	-
4025.10	К, Б	92	92	2,445	6,7	66,2 4500	173 2400...2600	292	-	362	-	А-76	184	160	0,4	20	-
4062.10	Б, впрыск	92	86	2,3	9,3	106,6 5200	209,9 4000...4400	265	-	285	-	А-92	187	250	0,4	10	50
4064.10*	Б, впрыск	92	86	2,3	-	147 -	323 -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4058.10*	Б, впрыск	95,5	86	2,5	-	114 -	215 -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4052.10*	Б, впрыск	95,5	86	2,5	-	111,8 -	210,9 -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
409.10*	Б, впрыск	95,5	94	2,7	-	105 -	230 -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4092.10*	Б, впрыск	95,5	94	2,7	-	118 -	234 -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4061.10	К, Б	92	86	2,3	8,0	73,5 4500	181,5 3500	272	-	306	-	А-76	185	250	0,4	20	30
4063.10	К, Б	92	86	2,3	9,3	80,9 4500	191,3 3500	265	-	292	-	А-92	185	250	0,4	20	30
4021.10	К, Б	92	92	2,445	6,7	66,2 4000	166,7 2400...2800	292,4	-	340	-	А-76	185	220	0,4	15	-
410.10	К, Б	100	92	2,89	6,8	72,8 4250	205,8 2500	312,8	-	333,2	-	А-76	180	200	0,4	10	30
4101.10	К, Б	100	92	2,89	8,1	77,2 4250	215,6 2500	306,0	-	312,8	-	АИ-93	182	200	0,4	10	30
V-образные с углом развала 90°, 8-цилиндровые, 4-тактные																	
511.10	К, Б	92	80	4,25	7,6	92 3200...3400	294 2000...2500	286	-	316	-	А-76	262	300	0,4	20	30
513.10	К, Б	92	80	4,25	7,6	92 3200...3400	923 2000...3400	286	-	316	-	А-76	262	300	0,4	20	30
5111.10 5113.10	К, Г, конверти- руемый	92	80	4,25	7,6	73,5 3200...3400	236 1750...2250	-	0,45	-	0,5	ПГ	262	300	0,4	20	30
		92	80	4,25	7,6	77,2 3200...3400	256 1750...2250	-	0,15	-	0,175	СГ	262	300	0,4	20	30
		92	80	4,25	7,6	84,5 3200...3400	274 1750...2250	-	-	340	-	А-76	262	300	0,4	20	30
73	К, Б	92	80	4,25	7,0	90,5 3400...3600	284,4 2000...2500	305	-	337	-	А-76	287	120	0,6	1,7	6
4905	К, Б	92	80	4,25	7,0	88,3 3200...3400	284,4 2000...2500	305	-	323	-	А-76	272	-	0,6	-	20
41	К, Б	100	88	5,53	6,7	103 3200...3400	352,8 2000...2500	333	-	394	-	А-76	271	-	0,6	-	15
24-24	К, Б	100	88	5,53	8,5	143 4400	411 2000...2500	305	-	373	-	АИ-95	253	100	0,5	-	20
505.10	К, Б	100	88	5,53	8,5	147 4200	412 2500	275	-	313	-	АИ-95	265	100	0,5	-	-
14	К, Б	100	88	5,53	8,5	161,8 4200	450,8 2700...2900	272	-	293	-	АИ-95	287	150	0,5	-	30
5233.10	К, Б	92	88	4,67	7,6	96 3200...3400	314 2000...2500	205	-	230	-	А-76	265	300	-	20	30
5234.10	К, Б	92	88	4,67	7,6	96 3200...3400	314 2000...2500	205	-	230	-	А-76	257	300	-	20	30

*модификации двигателя ЗМЗ-406

Дизельные двигатели ЗМЗ-516.10 с рабочим объемом 4,0 л и мощностью 136 л.с. предназначены для установки на автобусы АО "Павловский автобус", автомобили ОАО "ГАЗ" грузоподъемностью до 4,5 т и АМО "ЗИЛ" грузоподъемностью 2,5 тс. В настоящее

время совместно с Ярославским моторным заводом проводятся стендовые и дорожные испытания опытных образцов. Таким образом, ОАО "ЗМЗ" продолжает совершенствование своих двигателей, стремясь удовлетворить запросы потенциальных заказчиков.

ВСЕГДА ЛИ ХОРОШО, КОГДА

ТЕПЛО?

Сергей Орехов,

научный сотрудник 21 НИИИ АТ МО РФ

Ни для кого из людей, знакомых со школьной физикой, не секрет, что наивысшая эффективность цикла любой тепловой машины достигается в области максимальных температур сгорания топлива. Из соображений конструктивной прочности, технологичности машины и экологии реальные параметры, при которых работает машина, вынужденно выбирают меньшими. Однако все расчеты проводят для работы в условиях стандартизированной температуры среды (293К), хотя в процессе реальной эксплуатации техники приходится функционировать и при существенно отличающихся, в том числе повышенных температурах.

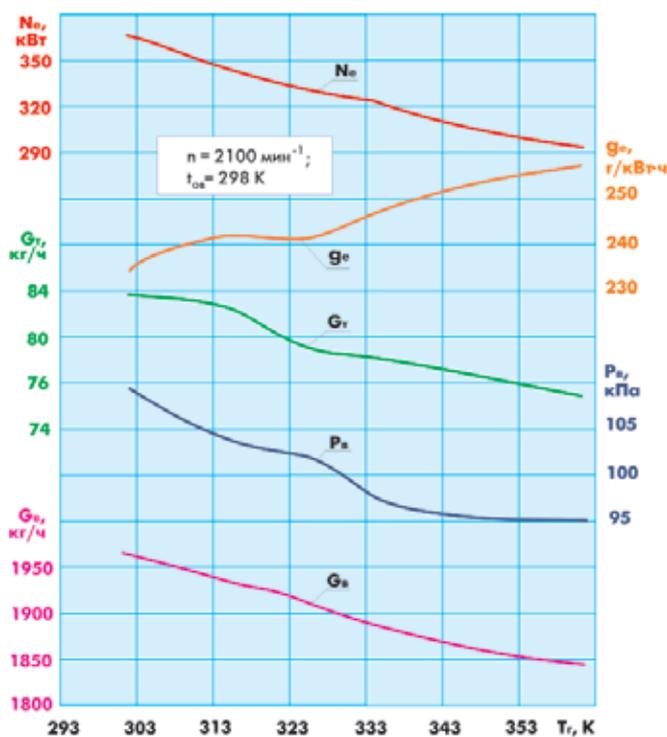


Вполне понятно, что высокая температура окружающей среды существенно влияет на протекание рабочего процесса, индикаторные и эффективные показатели двигателей. Это влияние проявляется как вследствие роста температуры воздуха и топлива на входе в двигатель, так и вследствие разогрева самого двигателя.

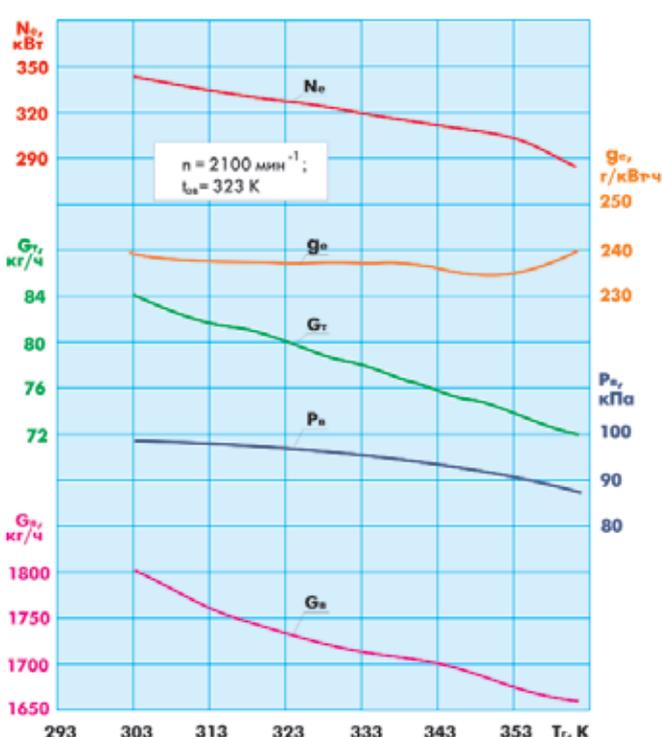
Исследования, целью которых было выявление особенностей работы дизелей в условиях высоких температур окружающей среды, проводились в южных регионах России. Автомобильная техника различных типов проверялась на грунтовых дорогах и дорогах с твердым покрытием. Автомобили оборудовались дизельными двигателями с турбонаддувом и без него, с различными вариантами капотирования, с забором воздуха в двигатель из атмосферы и из подкапотного пространства. В результате исследований вы-

явилось, что уже через 10...20 мин после принятия двигателем нагрузки значения показателей эффективности его работы стабилизируются и далее изменяются в достаточно узком диапазоне, зависящем в основном от дорожных условий.

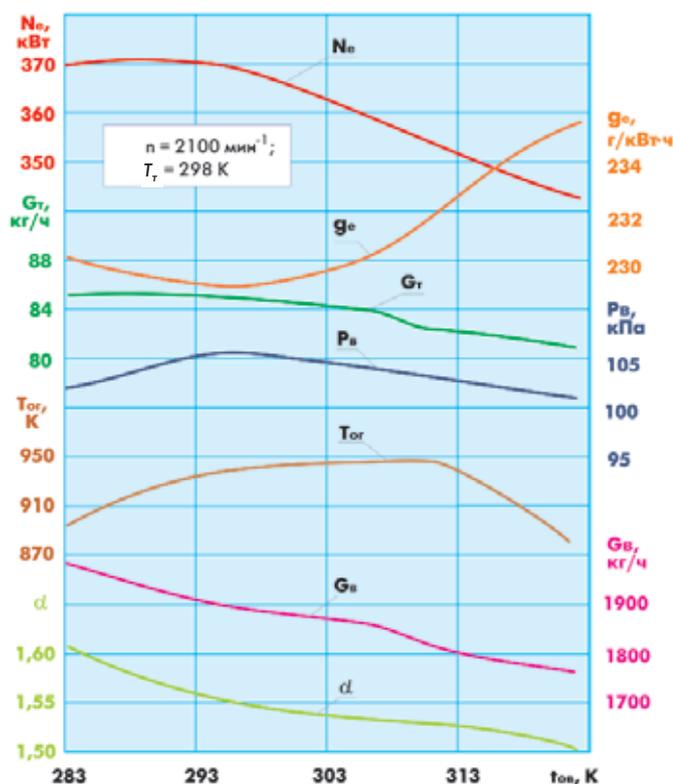
Выяснилось, что в условиях жаркого климата температура топлива в системе питания дизеля существенно превышает температуру окружающего воздуха: на 8...16 °С в топливном баке, на 15...25 °С на входе в топливоподкачивающий насос (ТПН), а в канале топливного насоса высокого давления (ТНВД) - на 30...50 °С. Температура окружающего воздуха ($t_{ов}$) на входе в воздушный фильтр выше температуры окружающего воздуха: у дизелей с забором воздуха из атмосферы - на 10...14 °С, а у дизелей с забором воздуха из подкапотного пространства - на 34...40 °С.



Зависимость показателей рабочего процесса двигателя ЯМЗ-846 от температуры топлива в канале ТНВД при $t_{ов} = 298\text{K}$



Зависимость показателей рабочего процесса двигателя ЯМЗ-846 от температуры топлива в канале ТНВД при $t_{ов} = 323\text{K}$



Зависимость показателей рабочего процесса двигателя ЯМЗ-846 от температуры воздуха на входе в двигатель при $T_r = 293\text{K}$

Для определения влияния высоких температур на показатели рабочего процесса двигателей в 21 НИИИ АТ Минобороны России проводились экспериментальные исследования бензиновых двигателей и дизелей малой мощности в термобарокамере, а дизель большой мощности - на стенде с моделированием условий жаркого климата.

Наиболее интересные результаты получены при исследовании рабочего процесса дизеля ЯМЗ-846 в связи с использованием на нем охладителя наддувочного воздуха и топливной аппаратуры модели 176 ("Компакт") с давлением впрыска топлива $p_v = 120 \text{ МПа}$.

При температуре окружающего воздуха 298K с повышением температуры топлива в канале ТНВД от 302 до 362K уменьшается массовая подача топлива G_T и как следствие этого мощность двигателя N_e снижается на 23 %, а давление наддувочного воздуха p_k - на 12 %. Кроме того, увеличивается удельный расход топлива g_e .

При более высокой температуре окружающего воздуха (323K) номинальная мощность снижается только на 21 % (при

увеличении температуры топлива в канале ТНВД в указанном выше диапазоне).

Сравнительно менее интенсивное снижение мощности при большей температуре окружающего воздуха объясняется высокой температурой воздуха в камере сгорания в конце сжатия, в связи с чем улучшается протекание предпламенных реакций и уменьшается период задержки воспламенения.

Как показали эксперименты, при температуре воздуха 298K и температуре топлива в канале ТНВД от 323K и выше максимальный крутящий момент смещается с частоты вращения коленчатого вала 1300 мин^{-1} на 1450 мин^{-1} . Таким образом, рабочий частотный диапазон двигателя сужается на 19 %. Аналогичное явление наблюдается и при работе данного двигателя на легких топливах. Объясняется это ранним срабатыванием наддувно-высотного корректора в связи с уменьшением массовой цикловой подачи топлива при росте температуры в канале ТНВД, уменьшением в результате этого энергии отработавших газов и, как следствие, снижением давления наддувочного воздуха. Возникает своеобразная положительная обратная связь, способствующая дальнейшему ограничению подачи топлива.

Представляет интерес изменение показателей рабочего процесса дизеля при постоянной температуре топлива в канале ТНВД (293K) и изменении температуры окружающего воздуха от 293 до 323K.

С увеличением температуры окружающего воздуха наблюдается незначительный рост эффективного расхода топлива, связанный со снижением коэффициента избытка воздуха (α), и, как следствие, ухудшением индикаторного к.п.д. Уменьшение α объясняется падением плотности воздуха с ростом его температуры. Падение мощности при увеличении температуры воздуха от 296 до 321K достигает 7 % и связано в основном со снижением плотности воздушного заряда.

Эксперименты показали, что при сохранении расхода топлива постоянным с ростом температуры окружающего воздуха наблюдается значительное повышение температуры отработавших газов. Таким образом, выявился еще один критический параметр, ограничивающий работоспособность дизеля. Уменьшения температуры отработавших газов можно добиться путем сокращения часового расхода топлива, однако при этом придется примириться с падением мощности двигателя.

Таким образом, при эксплуатации дизелей с газотурбинным наддувом в условиях высоких температур окружающей среды тягово-динамические показатели автомобильной техники неизбежно снижаются. Для предотвращения этого необходимо производить корректирование цикловой подачи топлива по температуре топлива в канале ТНВД и согласовывать работу наддувно-высотного корректора с изменением плотности топлива в данных условиях. В противном случае снижение номинальной мощности может достигать 23 %, а рабочий частотный диапазон - сужаться на 19 %.

DIGEST

To determine the influence of high temperatures on parameters of an engine working process, Research Institute-21 of the Defense Ministry of Russia made the experimental investigations of low-power gasoline and diesel engines in a thermal vacuum chamber, and high-power diesel engines - in a climatic test rig simulating tropic conditions.

It was found that operation of diesel engines with supercharging at high ambient temperatures caused a decrease in thrust-dynamic performances of engines. To prevent this effect, it is necessary to make some corrections in cyclic fuel feeding depending on fuel temperature in a high-pressure channel and match operation of a supercharging high-altitude controller with changes in fuel density in these conditions. Otherwise, a decrease of rated power can be 23 %, and operating speed range - can be reduced by 19 %.

IS IT ALWAYS GOOD, WHEN IT IS WARM?

Р П Д

ИЗНУТРИ И СНАРУЖКИ

Иван Пятов
генеральный директор
ООО "РЕАМ-РТИ"

Проблема непосредственного преобразования давления газа (пара) во вращательное движение вала вот уже несколько столетий не дает покоя честолюбивым инженерам. Вплоть до середины XX века попытки создания работоспособных двигателей такого типа оставались безуспешными.

Только в 1957 г. Феликс Ванкель (F. Wankel) и Вальтер Фройде (W. Froude) продемонстрировали на конференции Общества германских инженеров работающий четырехтактный двигатель DKM 54 с поршнем-ротором, снабженным механическими уплотнениями. Несколько ранее основные технические решения прошли апробацию в конструкции компрессора, применявшегося для наддува мотоциклетного двигателя рекордного гоночного мотоцикла фирмы NSU (в 1955 г. эта фирма являлась крупнейшим в мире изготовителем мотоциклов). А совместная деятельность Ванкеля и Фройде началась после подписания соглашения между фирмами NSU Motorenwerke AG и Wankel GmbH еще в 1951 г., поэтому 2001 г. вполне можно рассматривать как год полувекowego юбилея "роторно-поршневой" тематики в двигателестроении.

Каждый из этих двух немецких инженеров внес неоценимый вклад в разработку первого в мире роторно-поршневого двигателя (РПД). Ванкелю (и его группе) принадлежит заслуга создания классификации кинематических схем роторно-поршневых машин. Он провел обширные исследования механических уплотнений вращающихся клапанов (золотников), сформировал комплекс требований к эффективным подвижным уплотнениям. В этой области следует также отметить важную роль группы В. Бензингера (W. Benzinger) фирмы Daimler-Benz.

Усилиями средств массовой информации в научно-популярной литературе за РПД, очевидно, по аналогии с дизелем, закрепилось наименование "ванкель". Следует подчеркнуть, однако, что в профессиональной литературе такой жаргонизм напрочь отсутствует, поскольку именно второму соавтору, Фройде, главному конструктору двигателей фирмы NSU, принадлежала решающая роль в обосновании и выборе базовой кинематической схемы, а также формирование собственно инженерной концепции РПД. Сам же Ванкель считал вариант конструкции, принятый фирмой NSU за базовый, далеко не совершенным из-за необходимости уравновешивать противовесами эксцентрично вращающийся на валу ротор. До конца своей жизни человек, имя которого было увековечено в наименовании двигателя, работал над созданием совершенно иного мотора с простым вращением взаимодействующих роторов. Поэтому гораздо логичнее было бы

именовать РПД по имени второго создателя - "фройде", но история распорядилась по-своему.

Первый РПД DKM-54 бироторной конструкции оказался чрезвычайно сложным (например, свечи зажигания устанавливались в роторе) и ненадежным, но он доказал принципиальную работоспособность всей предложенной концепции и приоткрыл направления для дальнейшей доводки. В 1958 г. NSU показала сразу две усовершенствованные Фройде модели: KKM 125 (объем каждой из трех рабочих камер 125 см³) и KKM 250 (объем 250 см³), в которых свечи зажигания размещались в неподвижном корпусе (статоре) и были легко доступными для обслуживания. Испытания подтвердили, что у двигателя с планетарным вращением ротора на эксцентрик вала отсутствуют серьезные механические проблемы.

Вспышка интереса к "ванкелю" во всем мире пришла на конец пятидесятых - начало семидесятых годов. Первой лицензию на производство у NSU/Wankel приобрела всемирно известная корпорация Curtiss-Wright в 1958 г., а в 1960-1961 гг. успех признали крупнейшие германские моторостроительные фирмы Fichtel&Sachs, Daimler-Benz AG, MAN, Friedrich Krupp GmbH, Klockner-Humboldt-Deutz AG и первые японские - Yanmar Diesel Co. и Toyo Kogyo Co., а также английская фирма F/Perkins Ltd. В 1965 г. лицензии приобрели такие авторитетные компании, как Rolls-Royce, OMC и Porsche KG. Очередь гигантов класса Nissan Motor Co., General Motors Corp., Suzuki Motor Co., Toyota Motor, Ford-Werke AG, Ingersoll-Rand, Mercury Div., Brunswick Corp., Yamaha Motor, Kawasaki Heavy Industries Ltd. и American Motors Corp. пришла в 1970-1973 гг. Всего было заключено около 30 лицензионных соглашений на право производства.

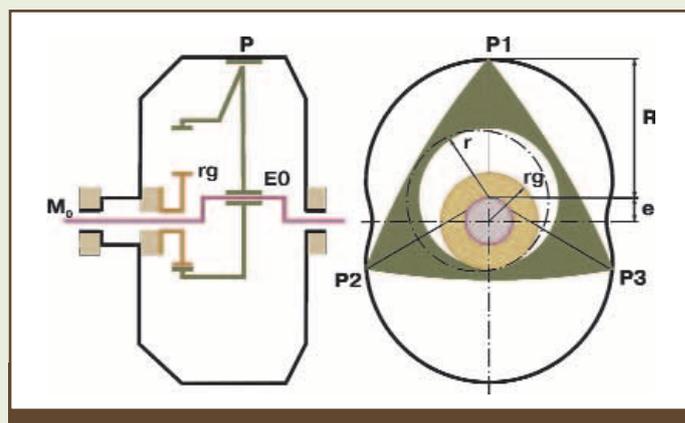


Рис. 1

"Сердцем" типичного РПД является ротор с тремя выпуклыми гранями, эксцентрично вращающийся внутри цилиндрической полости статора. Контур цилиндра двигателя (рис. 1) представляет собой перитрохоиду, то есть такую кривую, по которой без отрыва проходят вершины ротора в случае, когда радиус внешней шестерни планетарного механизма r , жестко соединенной с ротором, превосходит радиус внутренней неподвижной шестерни радиусом rg .

Подобно обычному бензиновому двигателю, в РПД реализован четырехтактный цикл. Рис. 2 иллюстрирует чередование фаз в рабочих камерах при полном повороте ротора; обратите внимание на то, что в ходе такого полного поворота трижды осуществляется рабочий ход, а также на то, что частота вращения выходного вала в три раза выше частоты вращения ротора, что соответствует одному рабочему ходу на оборот вала.

Положение I соответствует началу фазы всасывания в рабочую камеру V1, началу фазы сжатия в камере V2 и рабочему ходу в камере V3. В положении II рабочий ход завершен, вот-вот откроется окно выхлопа. Положение III соответствует моменту подачи зажигания в камеру V3, при этом в двух других камерах продолжаются процессы сжатия и выхлопа, соответственно. В положении IV начинается очередной рабочий ход - давление газов воспламенившейся топливоздушной смеси в камере V3 приводит к энергичному повороту ротора.

"Золотой век" РПД

Первым в мире серийным автомобилем с односекционным РПД стал Spider-54, запущенный в производство фирмой NSU в 1964 г. Спустя три года начался выпуск Ro80 с двухсекционным двигателем ККМ 612 мощностью 129 л.с. Но настоящий успех пришел к "ванкелю", когда японская фирма Mazda (заключившая в 1961 г. договор с NSU) приступила к выпуску автомобиля Cosmo Sport 110S. В 1973 г. из 104 960 автомашин Mazda, проданных в США, более 92 % оснащались роторно-поршневым двигателем. В начале семидесятых годов фирма Citroen производила два типа легковых автомобилей с РПД, Mercedes разработала несколько прототипов, а General Motors планировала установить РПД на одной из своих перспективных машин (Corvette). В этот же период появились в производстве мотоциклы с РПД (Hercules W2000, Suzuki RE-5, Vaan-Veen, Norton Commander).

Важнейшими достоинствами РПД по сравнению с традиционными поршневыми бензиновыми моторами являются:

- меньшее на 35...40 % число деталей;
- меньшие в 1,5...2 раза габаритные размеры;
- малая удельная масса при высокой удельной мощности.

К примеру, современный серийный РПД с объемом рабочей камеры 1300 см³ имеет мощность 220 л.с., а с турбокомпрессором - 350 л.с. Миниатюрный моторчик OSMG 1400 (рабочий объем 5 см³) мощностью 1,27 л.с. весит всего 335 г;

- низкий уровень вибраций. РПД полностью механически уравновешен, что позволяет повысить комфортность легких транспортных средств типа микроавтомобилей, мотоциклов и юнкаргов;

- отличные динамические характеристики. Масса движущихся частей в РПД гораздо меньше, чем в аналогичных по мощности "нормальных" поршневых двигателях, ведь в нем отсутствуют коленчатый вал и шатуны.

Середина шестидесятых ознаменовалась все более широким применением разнообразных вариантов РПД в качестве транспортных, стационарных и переносных многоцелевых двигателей. К примеру, Curtiss-Wright продемонстрировала многотопливный двигатель модели RC 2-60 для привода генератора мощностью 60 кВт. Он весил вчетверо меньше аналогичного дизеля и занимал объем в полтора раза меньше, чем традиционный бензиновый поршневой "движок". Тогда же было показано, что РПД примерно на 20 % экономичнее обычных двухтактных подвесных лодочных моторов при меньшей массе и гораздо более низком уровне шума. Важной положительной особенностью "ванкеля" стала его многоопливность. Роторно-поршневому двигателю нашлось место и на катерах, и на

снегоходах, и на легких самолетах. Однако наиболее важной сферой применения в то время являлось автомобилестроение.

Стремление получить быстрый экономический эффект от внедрения РПД оказалось не подкреплено глубокими научными исследованиями особенностей рабочего процесса и путей оптимизации теплового состояния двигателя. Остро стояла проблема выбора конструктивных элементов и материалов, обеспечивающих эффективность уплотнений, и установления взаимосвязи между характеристиками источников зажигания и сгоранием при малых нагрузках и частотах вращения. Всерьез теория РПД начинает складываться только в настоящее время.

Следует признать, что в связи с новизной конструкции вариант РПД, примененный на автомашинах Mazda в семидесятых годах, обладал рядом конструктивно-производственных и эксплуатационных недостатков. Важнейшим из них являлся повышенный расход топлива. Нефтяное эмбарго 1973 г., последовавшее в ответ на поддержку, оказанную Соединенными Штатами Израилю в войне против арабской коалиции, нанесло чувствительный удар по американским автомобилистам и выдвинуло проблему экономичности на первый план, в то время как разработчики фирмы Mazda не уделили ей должного внимания. Вследствие всех этих причин "японское чудо" постепенно потускнело в глазах американских потребителей. В 1974 г. фирме удалось продать в США всего 61 192 автомобиля. Многие компании вынуждены были отказаться от планов производства РПД, так как реальными техническими средствами для быстрого решения двуединой задачи - уменьшения расхода топлива и снижения выбросов токсичных компонентов с отработавшими газами - они не располагали.

И все же в 1978 г. Mazda сумела продать миллион автомобилей с РПД, а к 2000 г. общее количество проданных автомобилей перевалило за два миллиона.

Современный РПД

Вплоть до 1996 г. Mazda продолжала производить и поставлять в США спортивный автомобиль RX-7. В результате проведения обширной программы исследований компании Mazda удалось решить проблему недостаточной экономичности РПД и снизить эмиссию токсичных компонентов отработавших газов до принятых норм. В октябре 1999 г. на 33-й токийской автомобильной выставке демонстрировался новый спортивный автомобиль RX-EVOLV, оснащенный современным вариантом "ванкеля" - двухсекционным двигателем MSPRE мощностью 280 л.с. Эту машину специалисты компании называли "концепт-каром", обещая в ближайшем будущем перенести заложенные в ней новинки в серийные модели RX-7.

В США сформировалась заметная группа гонщиков-любителей, которым Mazda в свое время сделала великолепный подарок. Оценивая предыдущие варианты RX-7, эти люди не скупятся

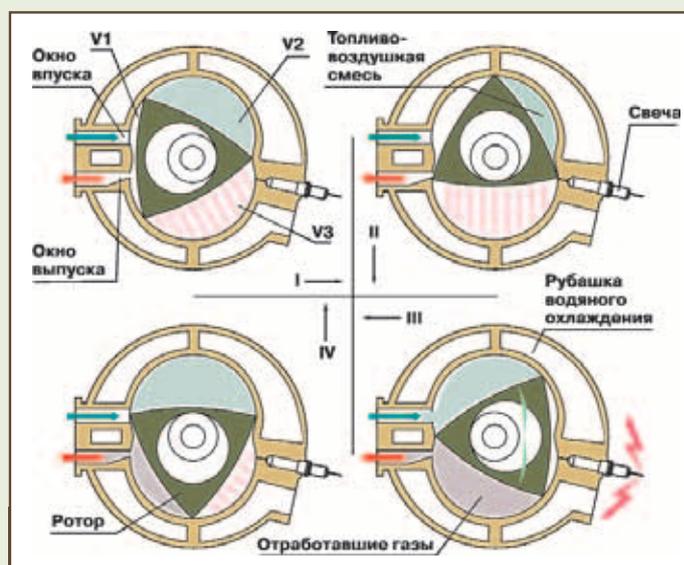
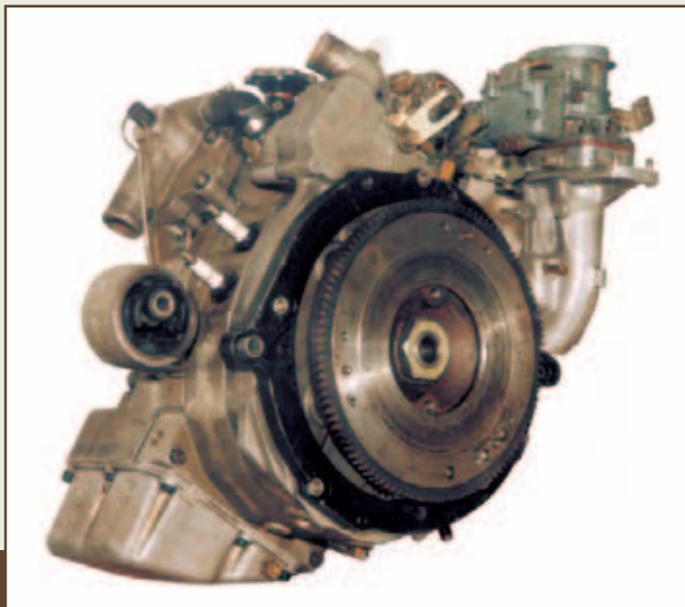


Рис. 2

на похвалы. По их мнению, отличительной особенностью РПД, установленного на "семерке", является потрясающая надежность:



Роторно-поршневой двигатель ВА3-1185

даже при эксплуатации в чрезвычайно напряженном "гоночном" режиме "ванкель" без какого-либо ремонта легко обещивал пробег свыше 100 000 миль! Фанаты RX-7 организовали сбор подписей с требованием возобновить поставки их любимца в США. Этим людям не пугает цена.

Кстати, о цене. Современный РПД, как уже отмечалось ранее, имеет меньшее число деталей по сравнению с равным по мощности "нормальным" бензиновым двигателем. Для нынешних станков с ЧПУ обработка поверхностей типа перитрохоиды является вполне сильной задачей, а требования к точности воспроизведения формы для деталей РПД даже менее жесткие, чем у классического двигателя с его цилиндрами и поршнями. В РПД нет клапанов, а значит, нет распределителя с толкателями и т.п. Применение износостойких покрытий, в том числе керамических, решает проблему надежности и долговечности. Таким образом, потенциально, при соответствующих масштабах производства, "ванкель" не дороже хорошего классического бензинового мотора равной мощности при одинаковой экономичности и, по крайней мере, не худших экологических показателей! Во всяком случае, фирма Mazda всерьез намеревается придать РПД второе дыхание и изменить стереотипное представление о важнейших качествах "ванкеля", сложившееся у потребителей по результатам эксплуатации его ранних моделей.

Ряд фирм предпринимал попытки реализации дизельного рабочего процесса в РПД. Однако успехи Curtiss-Wright, впервые успешно применившей послыное смесеобразование (что позволило "ванкелю" работать на дизельном топливе, авиационном керосине и т.п.), сделали неактуальными разработку дизельных вариантов РПД. "Всеядность" РПД позволяет использовать в качестве топлива сжиженный природный газ, а также водород. Великолепные перспективы открываются для применения РПД в авиации. Прежде всего, это касается беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) - разведывательных, метеорологических, а также самолетов-ретрансляторов и даже небольших транспортных машин. Приемник глобальной навигационной системы NAVSTAR позволяет новейшим беспилотникам летать на огромные расстояния, не сбиваясь с курса, а цифровая автоматизированная система взлета/посадки DGPS обеспечивает сохранность груза. Современный БПЛА типа Hermes 1500 UAV с двумя РПД способен нести 350 кг полезной нагрузки и держаться в воздухе 30 ч! Его летный ресурс 20 000 ч, что свидетельствует о переходе БПЛА из класса "одноразовых дорогостоящих игрушек" в разряд вполне степенных, "долгоиграющих" транспортных средств.

Отечественный "ванкель"

История отечественного "ванкеля" началась в 1961 г., когда Минавтопром и Минсельхозмаш СССР поставили соответствующую задачу перед научно-испытательными институтами - НАМИ, НАТИ и ВНИИмотопрмом. Параллельно по линии Минобороны изучением РПД занялся НИИД. В числе создателей отечественных конструкций роторно-поршневого двигателя следует назвать Чистозвонова, Ханина, Турянского, Зиновьева (НАМИ), Гостева и Бениовича (НАТИ), а также Иваницкого, Карманова и Александрова (ВНИИмотопрмом).

В период 1961-78 гг. в отраслевых НИИ и учебных институтах СССР были проведены исследовательские и опытно-конструкторские работы, которые завершились созданием опытных образцов РПД различного назначения и технологий для их производства.

В 1974 г. решением правительства дальнейшие работы по РПД были поручены Волжскому автозаводу, где развернувалось специальное конструкторское бюро (СКБ РПД). Это решение, с одной стороны, придало новый импульс разработке отечественного варианта РПД (начались, в частности, проектные работы по строительству цехов для серийного производства "ванкелей"), а с другой - привело к фактической утрате многого из того, что нарабатывали институты, поскольку в качестве прототипа специалисты ВАЗа решили ориентироваться на двигатель фирмы Mazda и опыт его массового производства. У истоков РПД стояли такие руководители как В.Н. Поляков, Е.А. Башинджагян, А.А. Житков, Б.С. Поспелов и М.А. Коржов. Ныне СКБ РПД ВАЗа возглавляет В.А. Шнякин.

НЕКОТОРЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ РОТОРНО-ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Фирма	Год	Марка двигателя	Объем, см ³ /число секций	Мощность, л.с./при частоте вращения, об/мин	Марка автомобиля
NSU	1964	KKM 502	498/1	64/5000	Spider
	1967	KKM 612	498/2	129/5800	Ro80
	1970	KKM 613	498/1	49/5500	Citroen M35
	1973	KKM 622	498/2	107/-	Citroen GS birotor
Daimler-Benz	1969	KE Serie 69	600/3	280/7000	C111
	1967	10A/0810	491/2	110/7000	Cosmo L10A
Mazda	1970	12A	573/2	120/7000	RX-2
	1972	12A/R612	573/2	90/6000	RX-3 US
	1974	13B	654/2	110/6000	RX-4, RX-5
	1979	12A	573/2	100/6000	RX-7
	1986	13B	654/2	146/6500	RX-7 2nd gen.
	1992	13B Twin	654/2	255/6500	RX-7 Seq. Turbo
	1999	13B Renesis	654/2	280/8000	RX-Evolv
	НАМИ	1968	НАМИ-093М	557/1	65/6000
ВАЗ	1976	ВА3-311	654/1	65/6000	ВА3-21019
	1993	ВА3-1185	386/1	42/6000	ВА3-1111 (Ока)
	1998	ВА3-415	654/2	120/6000	ВА3-2109-91, -2115-91, -21099-91

СКБ РПД сумело разработать семейство двигателей мощностью 40...200 л.с. различного назначения. Наибольшие усилия были сосредоточены на доводке агрегатов мощностью 120 и 140 л.с. Удалось успешно решить проблемы РПД, связанные с работоспособностью подшипников, газовых и маслосъемных уплотнений, отладить эффективный рабочий процесс в камере неблагоприятной формы. Кроме того, была снята проблема коробления корпусных деталей из-за их неравномерного прогрева, а также создана многоканальная цифровая система зажигания.

Российским исследователям (И.В. Зиновьеву) удалось уточнить особенности процессов сгорания в РПД, влияние систем зажигания и добиться значительного улучшения экономичности РПД, применив послойное сжигание топлива в камере сгорания и динамический наддув за счет отраженной волны от смежной секции. Проблема снижения токсичности РПД решается преимущественно путем внедрения усовершенствований, обычных для поршневых двигателей - оптимизации смесеобразования и процесса сгорания, а также применения средств обезвреживания отработавших газов. Кроме того, получила экспериментальное подтверждение высокая эффективность подачи водорода в топливо-воздушную смесь.

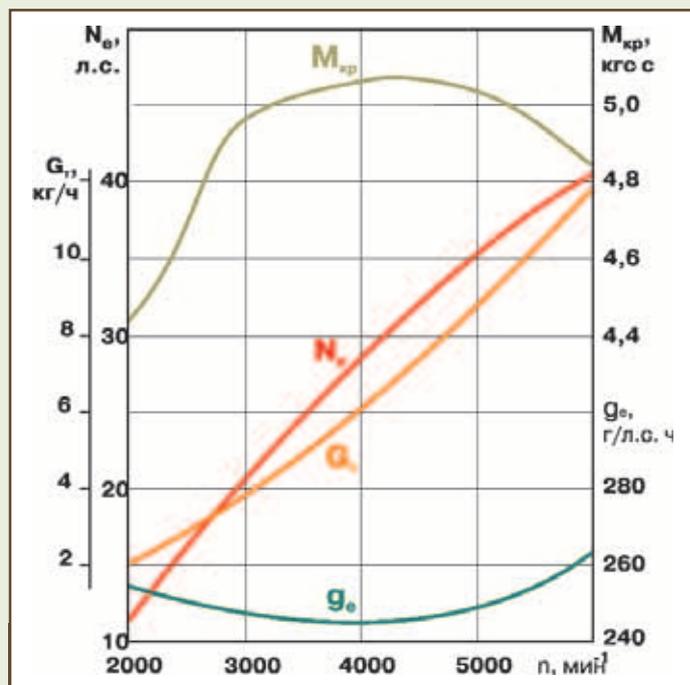
В резерве сохраняется и такой способ улучшения экономических и экологических показателей автомобиля с РПД при обеспечении высоких динамических качеств, как полное отключение одной или нескольких секций многосекционных РПД на частичных нагрузках. С таким экспериментальным двухсекционным РПД (изготовленным из двух двигателей ВА3-311) на автомобиле ГАЗ-24 экипаж НАМИ занимал первые места на Всесоюзных ЭКО-ралли в 1989-1990 гг.

В настоящее время РПД оснащаются малые партии автомобилей ВА3-2105, -2107, -2108, -2109, -21099, проходит испытания ВА3-2110 с "ванкелем" ВА3-415. Максимальная скорость роторной "семерки" составляет 180 км/ч, а "восьмерка" способна выжать и 200 км/ч, причем для разгона до скорости 100 км/ч ей необходимо всего 8 с. Двухсекционный двигатель ВА3-415 при массе 113 кг развивает мощность 140 л.с. Минимальный расход топлива - 230 г/л.с.·ч, а ресурс до первого капитального ремонта - 125 тыс. км. Кстати, в эксплуатации имеются автомашины с "ванкелями", успешно отработавшими без капремонта и обеспечившими пробег свыше 300 тыс. км.

И все же, сегодня отнюдь не автомобильные двигатели находятся в центре внимания конструкторов СКБ РПД Волжского автозавода. Со второй половины восьмидесятых годов в конструкторское бюро зачастили визитеры из смежной отрасли промышленности - авиационной. Важнейшими причинами, побудившими авиаторов приглядываться к РПД, являются его малая удельная масса и... отсутствие в стране отечественных авиационных двигателей мощностью 40...270 л.с. На первом этапе слегка модернизированный автомобильный "ванкель" ВА3-415 установили на самолет "Леший" и судно на воздушной подушке "Волга-2". Испытания подтвердили перспективность применения РПД на летательных аппаратах, но одновременно выявили необходимость определенной доводки двигателя для того, чтобы он удовлетворял авиационным требованиям.

В 1990 г. по заказу МВЗ им. М.Л. Миля началась разработка авиационного роторного двигателя ВА3-430, предназначавшегося для легкого вертолета Ми-34ВА3. Предполагалось, что доступ к авиационным технологиям позволит быстро создать качественный РПД, но эти надежды не оправдались. Камнем преткновения стало не только отсутствие государственного финансирования, но и утраченный авиационной промышленностью опыт создания малоразмерных двигателей внутреннего сгорания и соответствующих агрегатов.

Впоследствии по заказу частной фирмы был разработан легкий авиационный РПД ВА3-1187 мощностью 40 л.с. для дельталетов и его усовершенствованный вариант ВА3-1188 (60 л.с.). Основываясь на собственном опыте и учитывая зарубежную практику, руководство СКБ РПД сделало вывод о целесообразности создания авиационных роторно-поршневых двигателей в диапазоне мощности 40...300 л.с., где они конкурентоспособны с классическими "поршневыми". В настоящее время усилия СКБ сосредоточены на разработке авиационного трехсекционного РПД ВА3-426 мощностью 210...240 л.с. Об уровне совершенства современных



Индикаторная диаграмма двигателя ВА3-1185

РПД конструкции Волжского СКБ свидетельствуют следующие факты: масса двигателя составляет всего 145 кг, а удельный расход топлива при работе на автомобильном бензине на крейсерской мощности не превышает 205 г/л.с.·ч.

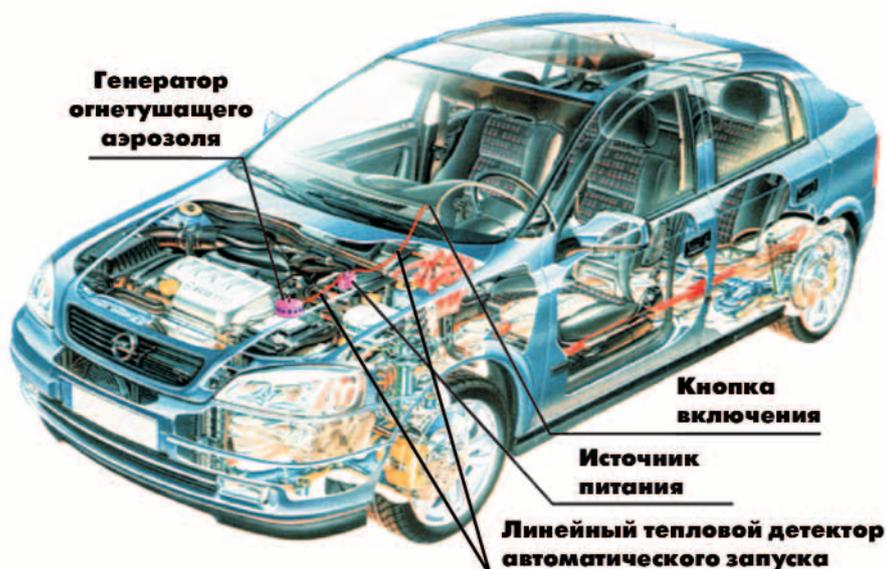
Возвращаясь к автомобильной тематике, следует сказать еще об одном произведении СКБ РПД - односекционном двигателе ВА3-1185 мощностью 40 л.с. Актуальность этого двигателя обусловлена устойчивой тенденцией к росту количества ежегодно выпускаемых микроавтомобилей (легковых автомобилей класса "А"). Как правило, такие машины выполняются четырехместными, имеют передний привод колес и оснащаются двигателями мощностью 30...50 л.с. Наблюдается тенденция к повышению мощности двигателя микроавтомобилей до уровня 80...90 л.с. Основными причинами повышения интереса к автомобилям этого класса являются стремление снизить затраты на топливо, уменьшить транспортную напряженность в центре больших городов и улучшить условия парковки.

Объемы мирового производства микроавтомобилей можно охарактеризовать следующими цифрами: в 1996 г. в Японии было построено более 900 тыс., а в западноевропейских странах - около 700 тыс. таких автомобилей. Масштабы выпуска легковых автомобилей класса "А" в России крайне невелики (серийно производится только "Ока"; в 1999 г. построено около 40 тыс.), в то время как платежеспособный спрос, по мнению специалистов, оценивается в 150...160 тыс. автомашин ежегодно. Нарращивание выпуска "Оки" сдерживается возможностями ВАЗа по изготовлению двигателей, и в ближайшие пять лет объемы ее производства вряд ли превысят 80 тыс. в год.

Таким образом, вот она - ниша для РПД ВА3-1185. Создание нового недорогого автомобиля с роторно-поршневым двигателем, малогабаритным, неприхотливым и надежным, обеспечивающим комфорт в транспортном средстве ограниченных размеров (низкие шум и вибрации), в силу особенностей современной экономической ситуации в стране является весьма привлекательным проектом. Следует подчеркнуть особую актуальность развертывания массового производства легких автомобилей класса "А" для Москвы, обильно хлебнувшей лиха от пробок на дорогах, высокой загазованности в центре города и нехватки зон для парковки.

Уходят в прошлое слухи и мифы. Постепенно, по мере накопления опыта, внедрения новых технических решений у эксплуатантов возникает положительное отношение к РПД в ряде секторов техники, таких как малая авиация, автомобилестроение, стационарная энергетика. Если судить по публикациям в Интернете, рекламе, патентной активности и выставкам, намеченным на 2001 г., роторно-поршневой двигатель вступает в период нового всплеска интереса к нему.

01

НАБИРАТЬ
НЕ ПРИДЕТСЯ

Даже самому храброму человеку становится не по себе при виде горящего автомобиля - ведь наполненный топливом бак таит смертельную угрозу взрыва, чреватого разбросом обломков на десятки метров. Особую опасность представляют аварийные ситуации, когда пострадавшие водители и пассажиры не могут воспользоваться огнетушителями. Кроме того, из деформированного салона или багажника не так-то просто извлечь этот самый огнетушитель...

Бывают случаи и "покруче". Однажды водитель заполненного бензином "под пробку" топливозаправщика на шасси ЗиЛ-130, двигавшегося по многолюдной улице курортного Сочи, почувствовал запах горячей электроизоляции. Еще через мгновение кабина стала наполняться едким черным дымом. Быстро оценив угрозу, водитель остановил автомобиль и... бросился бежать. Затем он спрятался в кювет и оттуда заорал во всю глотку, обращаясь к пешеходам: "Немедленно отойдите от бензовоза! Он может взорваться в любой момент!"

Будь этот топливозаправщик вполне обычным, дело, скорее всего, взрывом бы и кончилось. Но испуганный водитель забыл об одной мелочи... Спустя минуту - две после "аварийного покидания" машины из-под ее капота донеслось слабое шипение, а затем из всех щелей поползли клубы дыма, на сей раз почему-то белого. Это сработал генератор аэрозольного тушения, которым администрация автотранспортного предприятия предусмотрительно оснастила заправщик. Пожар был ликвидирован в считанные секунды: в атмосфере аэрозоля содержание кислорода резко снижается, и огонь становится "нечем дышать". Тушению не помешала ни грозная опасность мощного взрыва, ни растерявшийся "человеческий фактор". Надежность и эффективность - эти два важнейших свойства генераторов огнетушащих аэрозолей ЗАО "НПГ "Гранит - Саламандра" нашли блестящее подтверждение.

Не чаял вновь увидеть свою собственность - два легковых автомобиля - владелец гаража, когда ему сообщили о возникшем пожаре в боксе ГСК "Кимовец". Причиной возгорания стала оставленная без присмотра электрическая плитка. Увы, такое случается... И горевать бы сейчас бедолаге, но на его счастье гараж был оборудован

аэрозольным генератором СОТ-1У, вступившим в схватку с огнем в отсутствие владельца авто. И не только вступившим, но и вышедшим победителем. "Пожарные, которые никогда не спят..." Пожарные, которые сгорают сами, не давая распространиться огню.

Достоинства генераторов аэрозольного пожаротушения сегодня практически бесспорны. И у нас в стране, и за рубежом такие устройства получают все более широкое распространение. К примеру, правительство Турции, озобоченное ростом числа пожаров на транспорте, издало нормативный акт, обязавший водителей такси оборудовать подкапотные пространства и багажники устройствами аэрозольного тушения. Не меньший интерес к генераторам огнетушащего аэрозоля проявляют военные из западноевропейских стран. По их мнению, такие устройства идеально подходят для боевой техники, где исключительно важно потушить пожар на возможно более раннем этапе, в противном случае возможен взрыв не только топливных баков, но и боекомплекта...

В России в настоящее время требование обязательного оснащения транспортного средства системой аэрозольного пожаротушения распространяется только на автомобили для перевозки ценных грузов и аэродромные топливозаправщики. Несмотря на бесспорные достоинства, установки аэрозольного тушения для защиты двигательных отсеков автомобилей других типов пока остаются невостребованными. Радикального повышения уровня пожаробезопасности на транспорте можно добиться только в том случае, если будут соответствующим образом пересмотрены стандарты и отраслевые нормы по оборудованию транспортных средств устройствами для пожаротушения.

В настоящее время ЗАО "НПГ "Гранит - Саламандра" является ведущим производителем генераторов огнетушащего аэрозоля. Оно готово оказать практическую помощь в решении проблем противопожарной защиты транспортных средств, в том числе и военного назначения. Применение относительно простых, но весьма эффективных систем аэрозольного пожаротушения способно существенно повысить тактические и боевые возможности танков, самоходных артиллерийских орудий, боевых машин пехоты, бронетранспортеров, разнообразных автомобилей и тягачей. Помимо двигательных отсеков в таких машинах аэрозольными генераторами могут быть защищены и другие необитаемые внутренние объемы, например, топливные баки, фургон и т. п.

Разумеется, спектр возможных областей применения систем аэрозольного пожаротушения может быть чрезвычайно широким. Такими устройствами могут оснащаться отсеки катеров, кораблей и судов, самолетов и вертолетов, железнодорожных вагонов и локомотивов.



ЗАО "НПГ "Гранит-Саламандра"
127412, Москва, ул. Ижорская, 13/19.
Тел.: (095) 485-9055, 485-8454.
Факс: (095) 484-1633, 485-8222.

Наяву и во сне

Анатолий Маркуца
Рисунок Владимира Романова

Интимное общение с двигателем внутреннего сгорания началось в моей жизни еще до того, как я пошел на школьную каторгу. Было лето, и мы жили на даче в местечке Кратово. По соседству за высоким глухим забором располагались владения какого-то деятеля НКВД. Самого привозили в Кратово на роскошном автомобиле, как я позже узнал, то был "Бьюик". В тот памятный день с машиной что-то случилось, и седой, невозможно импозантный шофер, тихо ругаясь, колдовал над мотором, а я терся поблизости. Машины притягивали меня с рождения... До смерти хотелось задать кучу вопросов шоферу, но я робел. И тут случилось невероятное. Седой водитель сам обратился ко мне:

- Молодой человек, - сказал он, - не согласишься ли помочь?

- А чего надо помогать? - дуря от счастья, поинтересовался я.

- Помпа полетела... надо будет лечь на крыло, - и он погладил черное, блестящее как рояль крыло "Бьюика", - и подливать бензин из бутылочки... Куда подливать, я покажу. А чтобы ты не слетел с крыла, я пристегну тебя ремнем к машине и поеду совсем тихо...

- Куда поедете?

- В гараж, куда же еще, в Москву.

Перспектива прокатиться на крыле такой замечательной машины аж до самой Москвы представлялась хоть и страшноватой, но исключительно заманчивой.

- Так что скажешь, молодой человек?

- Надо у мамы спросить, - я рванул к даче.

- Не спеши, - сказал водитель, - наверное, будет лучше мне самому попросить твою маму.

Признаться, чем так будет лучше, я не понял, но возражать не стал. И мы вместе пошли на дачный участок. Как ни странно, выслушав очень рассудительное и предельно вежливое обращение седого человека, мама задала только один вопрос:

- Как он туда поедет, я, кажется, поняла, а как обратно?

- Не сомневайтесь, привезу на лучшей машине нашего гаража, лично доставлю.

Теперь я удивляюсь, как мама отважилась меня отпустить в этот откровенно авантурный рейс с совершенно незнакомым человеком? Хотя... хотя она, моя лучшая из всех мам мама, когда подошло время, без колебаний благословила меня в летчики-испытатели. Видно верила в судьбу, видно в ее крови была к тому же особая материнская отвага.

А теперь возвратимся в Кратово. Лежать на крыле было, прямо скажу, не особенно удобно. К тому же крыло оказалось кривым и жестким, подложенный коврик не особенно помогал. От запущенного мотора повеяло приятным теплом и совершенно бесподобным бензиново-масляным духом. Ремень, что должен был страховать меня, довольно скоро стал мучить. Он врезался в тело, мне казалось - лучше бы его не было. Как мы тронулись и сколько времени ехали, я оценить не мог. И только когда водитель остановил машину, подумал: "Сколько же до Москвы осталось?" Но разговор пошел не об этом.

- Ну, как, герой? - спросил водитель. - Не очень страшно?

- Нет, - сказал я. - Совсем не страшно.

- Молодец. Сейчас выедем на шоссе, дело пойдет живее. Только учти, - мотор нагреется, так что осторожно, береги

руки, - и он показал, чего нельзя касаться, чтобы не обжечься. - Ну, что - помчались?

- Помчались, - попугаем повторил я, уже не испытывая особенного энтузиазма.

Судить о скорости движения по шоссе не могу. Сколь комфортабельной ни была та машина, а русская дорога давала о себе знать. Скоро у меня заболели бока, все труднее стало попадать струйкой бензина в поплавковую камеру карбюратора.

Стараюсь вспомнить, о чем я думал тогда, в пути? Шофер сказал про меня - герой. Это было очень приятно, вдруг я и на самом деле не хухры-мухры?.. И еще - в голову пришло, как водитель невзначай заметил - в моторе восемьдесят лошадиных сил. Вообразить, как восемьдесят лошадей умещаются в не столь уж большом двигателе, я, разумеется, не мог. Восемьдесят? Да? И всех я кормлю из бутылки? Да? Бока болели, еще и шея затекла, и плеч я почти не чувствовал, но как жаловаться, когда в моей руке такая силища? Восемьдесят лошадей!..

Волей случая я вошел в систему: человек - машина. Это ли не счастье, даже если болят бока. В конце концов, мы добрались до Москвы и въехали в большущий гараж. Здесь было много машин. Они оказались разными и не только, вообразите, черными, что по тем временам казалось совсем необычным. Почему-то шоферы, слонявшиеся по гаражу, - их тоже было порядочно - обнаружив меня на крыле, отнеслись к водителю шикарного "Бьюика", не скажу насмешливо, но с явной иронией.

- Надо же, пацана заместо помпы приладил!

Они говорили что-то еще, но я не очень понимал их: мне смертельно хотелось спать. Пока совершалась наша экспедиция, успешно стемнеть. Водитель не обманул. В обратный путь мы выехали на умопомрачительном белом "Линкольне". Впрочем, насладиться этой ездой мне не пришлось: машина, рассекая ночь, неслась в Кратово, а я приткнулся к плечу шофера и заснул.

Плечо было обтянуто черной кожей, от нее исходил восхитительный бензиново-масляный дух. Мне снилось, будто я лечу над лесом и полем, над горами и водной гладью, будто мотор поет мне ласковую песню: двигатель любит меня, он помнит, как я его кормил свежим бензином. Я тоже люблю его, все восемьдесят лошадиных сил...

Когда мы приехали в Кратово, импозантный водитель сдал меня с рук на руки маме. Что он при этом говорил ей - до меня не дошло. Мама выслушала его и сказала:

- И вам спасибо.

За что она его поблагодарила, не знаю. А мне велела:

- Мойся, и быстро спать.





СТАНУТ ЛИ АТОМЩИКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ?

Николай Данченко, начальник производства, к.т.н.
Валерий Калугин, руководитель группы испытаний

Один из флагманов атомной промышленности России - Государственное унитарное предприятие Уральский электрохимический комбинат (УЭХК) - ввел в эксплуатацию завод по производству катализаторов отработавших газов (ОГ) автомобилей проектной мощностью 2 миллиона активированных блоков для нейтрализаторов.

Параллельно с созданием производства катализаторов УЭХК разрабатывал конструкцию нейтрализаторов ОГ для современных легковых автомобилей Волжского (модели ВАЗ-2110, ВАЗ-2111) и Горьковского (модели ГАЗ-3110, ГАЗ-3111, ГАЗ-3302, ГАЗ-2752) автозаводов, а также для находящихся в эксплуатации автобусов, такси, мусоровозов, карьерных большегрузных самосвалов, автопогрузчиков, машин подготовки искусственного льда и т.д.

Разработку нейтрализатора для автомобилей "ВАЗ", проведенную совместно с "АвтоВАЗом", завершили в 1997 г. Сборочное производство организовали на заводе в Тольятти. Нейтрализатор на основе керамических блоков с каталитическим покрытием для новых моделей "ВАЗ" сертифицирован французским национальным центром CNRV на соответствие директивам 70/220/ЕЕС и 96/69/ЕС.

Нейтрализаторы для ОАО "ГАЗ" на УЭХК стали разрабатывать в 1998 г. Первоначально создавались устройства для автомобилей с бензиновыми двигателями ГАЗ-3302 "Газель" и ГАЗ-3110 (ГАЗ-3111) "Волга", затем для ГАЗ-2752 "Соболь" и, наконец, спектр разработок был расширен дизельными вариантами нейтрализаторов для "Газели", "Волги" и "Соболя" с двигателями ГАЗ-5601.

Испытания нейтрализаторов с катализаторами УЭХК проводились параллельно с испытаниями катализаторов фирм Walker, GM, Emitec, Gillet. Они подтвердили более высокую (на 20...30%)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ ЕВРО-2

Марка автомобиля	Модель двигателя, блок управления	Содержание в ОГ токсичных веществ, г/км			
		СО	НС	NO _x	НС+NO _x
ВАЗ-21093	ВАЗ-2111	0,700	0,176	0,06	0,236
ВАЗ-21102	ВАЗ-2111	0,254	0,099	0,08	0,179
ВАЗ-21103	ВАЗ-2111	0,848	0,205	0,03	0,235
ВАЗ-21103	ВАЗ-2112	0,495	0,206	0,03	0,209
ГАЗ-3110	ЗМЗ-4062.10, Bosch	0,525	0,186	0,048	0,234
ГАЗ-3102	ЗМЗ-4062.10, Bosch	0,281	0,063	0,018	0,081
Требования ЕВРО-2		2,2	-	-	0,5

эффективность преобразования углеводородов и оксидов азота катализаторами УЭХК. К настоящему времени эффективность преобразования катализаторов УЭХК настолько высока, что может обеспечивать и выполнение норм ЕВРО-3 при условии оптимизации программ калибровки блоков управления работой моторов на переходных режимах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ ЕВРО-3

Марка автомобиля	Модель двигателя, блок управления	Содержание в ОГ токсичных веществ, г/км			
		СО	НС	NO _x	НС+NO _x
ВАЗ-21103	ВАЗ-2112, Bosch	0,721	0,122	0,11	0,232
ГАЗ-3102	ЗМЗ-4062.10, Bosch	0,499	0,136	0,018	0,154
Требования ЕВРО-3		2,3	0,2	0,15	0,35

Вполне удовлетворительные результаты получены и при использовании нейтрализаторов УЭХК на легких грузовиках "ГАЗ". Более того, токсичность отработавших газов по сумме углеводородов и оксидов азота, по нашему мнению, также может быть существенно снижена путем оптимизации программ управления двигателем на переходных режимах работы.

Марка автомобиля	Модель двигателя, блок управления	Содержание в ОГ токсичных веществ, г/км			
		СО	НС	NO _x	НС+NO _x
ГАЗ-3302	ЗМЗ-4066.10	0,248	0,101	0,80	0,901
ГАЗ-33021	ЗМЗ-4066, "Элкар"	4,66	0,28	0,88	1,16
Требования ЕВРО-2 к легким грузовикам		6,9	-	-	1,7
ГАЗ-2752-314 "Соболь"	ГАЗ-5601	0,337	0,076	0,889	0,965
Требования ЕВРО-2 к микроавтобусам		6,0	-	-	1,6

УЭХК стал победителем конкурса в программе экологического оздоровления воздушного бассейна Москвы. Комбинат периодически поставляет фирме "ЛИНДО" катализаторы для оснащения нейтрализаторами отдельных видов автотранспорта (такси, автобусы, грузовики).

По заказу администрации города Новоуральска (Свердловская область) УЭХК разработал и изготовил опытную партию из 32 единиц систем нейтрализации отработавших газов (СНОГ) окислительного типа для автобусов типа ЛИАЗ-677. Результаты испытаний СНОГ в городском автотранспортном предприятии подтвердили их высокую эффективность. На начальном этапе эксплуатации степень снижения токсичности ОГ автобусов составляла 95...99% по оксидам углерода и 80...98% по углеводородам при проверке по ГОСТ 17.2.2.03-87. Периодические проверки токсичности ОГ автобусов, оборудованных СНОГ, показали, что эффективность очистки снижается до 50% по углеводородам после пробега 45...60 тыс. км, а по оксидам углерода - после пробега 80...90 тыс. км.

Удачным оказался опыт применения нейтрализатора УЭХК на машине подготовки искусственного льда с четырехцилиндровым мотором фирмы Volkswagen 049,6/М344 в Новоуральском концертно-спортивном комплексе, где нейтрализатор без существенного ухудшения эксплуатируется уже более двух лет.

Позитивные отзывы заказчиков имеются также о нейтрализаторах УЭХК, разработанных для дизельных карьерных самосвалов Удачинского ГОК модели САТ 785 (фирма Caterpillar) с 52-литровым мотором типа 5230, дизельных ГАЗ-31103 "Волга" и ГАЗ-2752-314 "Соболь" с четырехцилиндровыми двигателями ГАЗ-5601 (объем цилиндров 2,13 л) и дизельных автопогрузчиков МЗиК (Екатеринбург) типа ДП-1604, оснащенных двухлитровым мотором Д-120.

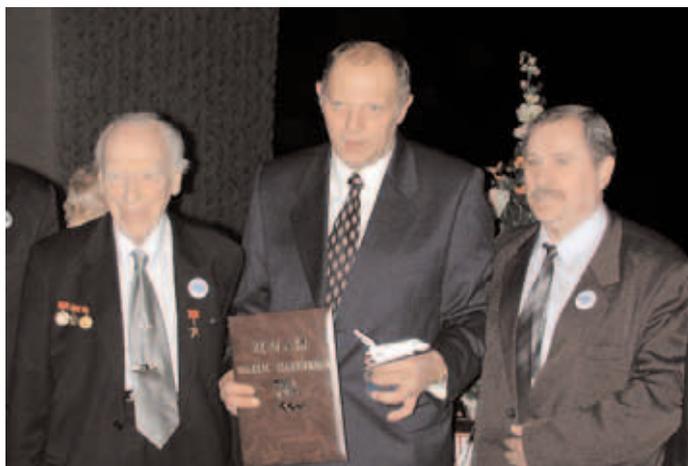
После принятия Госдумой РФ в 1999 г. закона об ограничении загрязнения атмосферного воздуха токсичными компонентами отработавших газов автомобильной техники на УЭХК обрушился шквал запросов, обращений, предложений от различных организаций, предприятий, обществ и заводов (как российских, так и из стран СНГ) с просьбами принять участие в разработке нейтрализаторов для разнообразных моделей автотранспорта. Как правило, большинство обращающихся хотели бы иметь готовое изделие - нейтрализатор ОГ, а не каталитические блоки, производство которых на УЭХК будет сертифицировано по QS-9000 в ближайший год.

К сожалению, УЭХК, рискнувший вложить семь лет назад в строительство завода по производству катализаторов свои "кровные" средства и испытавший драматический опыт завоевания рынка сбыта продукции, пока не решается повторить подобный путь, пока не будет уверенности в появлении хорошего пакета заказов на нейтрализаторы. И все же, российский производитель автомобильных катализаторов существует и ждет своих заказчиков.

ЮБИЛЕЙ ИНСТИТУТА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛИСТОВ



В декабре 2000 г. отметил 70-летний юбилей ГНЦ РФ "Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова". Институт был создан в 1930 г., чтобы объединить усилия в основном самостоятельных ученых и конструкторов, занимавшихся разработкой двигателей для летательных аппаратов. Как и пред-



полагалось, ЦИАМ вскоре стал головным институтом авиационной промышленности в области двигателестроения, одним из крупнейших научных центров страны. Работы института охватывали весь спектр проблем авиационного моторостроения - от решения фундаментальных проблем газовой динамики, теплофизики, механической прочности, экспериментальных и поисковых исследований до выполнения полномасштабного проектирования отдельных образцов, доводки опытных двигателей, их сертификации и обобщения опыта эксплуатации. Свой юбилей институт отметил целой серией полновесных научных мероприятий, какие были нечастыми и в прежние времена.

Первой в "юбилейной серии" стала поддержанная Российским фондом фундаментальных исследований всероссийская конференция молодых ученых "Проблемы исследований и разработок по созданию силовых и энергетических установок XXI века", проведенная 25-27 октября 2000 г. Затем, 5-7 декабря 2000 г., в ЦИАМ прошла международная научная конференция "Двигатели XXI века", в которой приняло участие около 1200 научных сотрудников, включая ученых из Франции, Германии, Китая, заслушавших 315

докладов на 11 секциях конференции. Кроме того, 98 докладов представлялось в стендовой форме.

Конференции, на которых происходит обмен мнениями, всегда становились этапными событиями и катализаторами научных процессов. Сегодня такая конференция не просто форма научного общения, а скорее способ выживания науки в целом и ученых, как ее действующих лиц, в частности.

К юбилею института было выпущено роскошное двухтомное издание "Научный вклад в создание авиационных двигателей" - систематизированный сборник статей с основными результатами научных исследований и разработок ЦИАМ за период с 1980 по 2000 гг. под общей редакцией В.А. Скибина и В.И. Солонина. С таким качеством и широчайшим охватом тематики, касающейся самых разных аспектов авиационного двигателестроения, научная литература в нашей стране, по-видимому, еще не издавалась. Жаль, редки юбилеи в науке!

В связи со знаменательной датой в ЦИАМе был издан очередной хронологический очерк "Семь десятилетий прогресса и традиций". Очередной, поскольку такая брошюра издается каждые 10 лет, дополняясь новыми подробностями и охватывая всю ретроспективу жизни института.

При поддержке Российского фонда фундаментальных исследований к юбилею ЦИАМа был издан двухтомник "Газовая динамика. Избранное" под общей редакцией А.Н. Крайко. Этот научный труд содержит сокращенные варианты опубликованных в 1950-2000 гг. статей, где изложены результаты исследований ученых лаборатории газовой динамики ЦИАМ. К юбилею приурочили также выпуск XIII издания справочника "Иностранные авиационные двигатели".

И как итог, 8 декабря 2000 г. в театре Российской армии прошло торжественное собрание, посвященное юбилею. Руководители крупных конструкторских бюро, промышленных предприятий, смежных научно-исследовательских организаций отметили: коллектив ЦИАМ имеет законное право гордиться результатами 70-летнего творческого труда. Поздравлениями была заполнена и изданная к юбилейной дате институтская многотиражка.

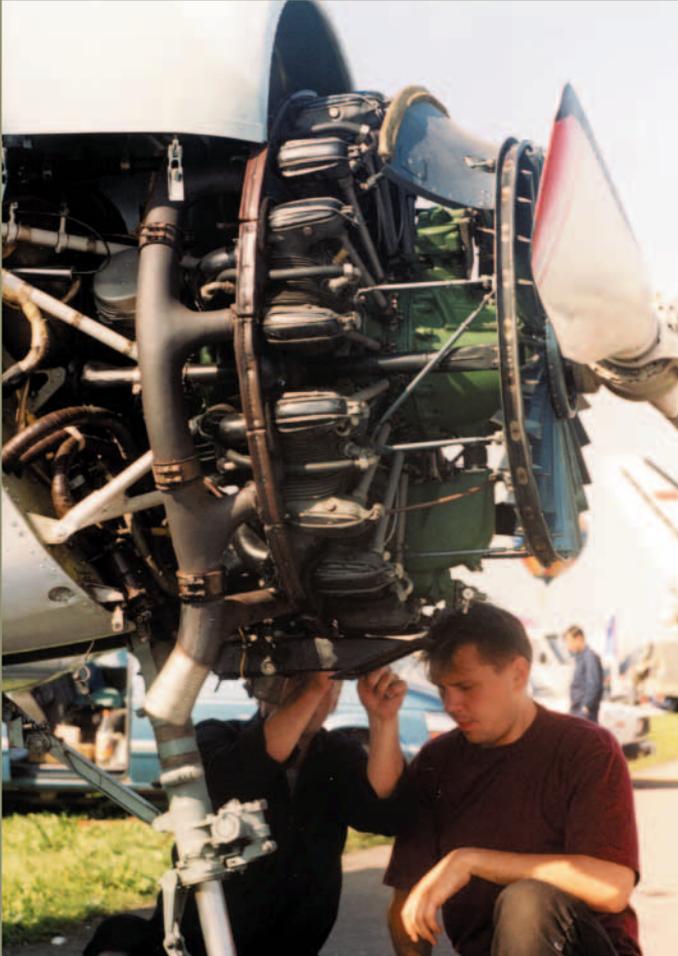
Хочется верить, что профессионализм и преданность российских ученых позволят и в будущем, несмотря на трудности, развивать и наращивать научный потенциал института для создания конкурентоспособных двигателей новых поколений.



ЧТО ДЕЛАТЬ, КОГДА НЕТ МОТОРОВ?

Александр Гомберг

Если нельзя, но очень хочется, то можно!?



Мы не раз уже обращались к этой теме, но от этого она не стала менее актуальной. Развитие легкомоторной авиации существенно тормозится отсутствием отечественных авиационных поршневых двигателей. Решение этой задачи под силу профессиональным коллективам с большим опытом работы, научно-техническим заделом, производственной базой и так далее. А еще нужны поставки комплектующих, отлаженная система кооперации, деньги, наконец. Потребитель (эксплуатант), разработчик и производитель - все ищут выход, т.е. мотор для своих летательных аппаратов. Ну а кто ищет, тот всегда найдет! Что же находят наши многострадальные энтузиасты? Российская действительность предлагает несколько выходов..

Из анализа приведенной таблицы следует, что самым дешевым и поэтому наиболее привлекательным для нашего соотечественника, не относящего себя к "новым русским", является последний вариант. Практика использования автомобильных двигателей на ЛА появилась не в России. В странах с "развитой экономикой" людей, знающих цену деньгам, хватает. Нашего западного коллегу после ознакомления с прайс-листом какой-нибудь ведущей авиамоторной фирмы тоже пробивает холодный пот. Мечта подняться в воздух на аэроплане собственной постройки блекнет. Если начинающий авиаконструктор все же сохраняет самообладание, то он обращается к справочникам по автомобильным двигателям. И тут его поджидает потрясающее открытие. Мало того, что стоимость автомобильного "движка" по сравнению с авиационным собратом не приводит в ужас непосвященного любителя, так и его технические характеристики, оказывается ... очень даже ничего.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РОССИЙСКИХ ПРИВЕРЖЕНЦЕВ АОН С КОММЕНТАРИЯМИ

Техническое решение	Комментарии	Потребитель
Ставить на самолет отечественный М-14П (360 л.с.)	Если это спортивная машина, то такое решение можно считать оптимальным. Если же это "транспортная рабочая лошадка", то в эксплуатации придется терпеть целый ряд неудобств	Патриот
Ставить лучшие импортные авиационные двигатели "Лайкоминг", "Теледайн Континентал", "Ротакс" или "Лимбах" (80...280 л.с.)	Конечно, надежды на экспорт своих ЛА можно только приветствовать, но реально выйти на затоваренный рынок в развитых странах сложно. Эксплуатировать такие ЛА у нас - дорого, нет авиационного бензина, придется заказывать на заводе или получать из-за рубежа по "кусачим" ценам, а потом развозить по всем возможным местам базирования!	Богатый оптимист
Ставить старые "Вальтеры-Миноры" (80...160 л.с.)	Есть вторичный рынок. Дешево и сердито. Если не нужны сертификат и летные характеристики на уровне мировых стандартов - в добрый путь!	Практичный самодельщик
Ставить двигатели "ЛОМ-ПРАГА" (120...235 л.с.)	Высокая надежность подтверждена. Заправьтесь на любой бензоколонке!	Профессионал
Установить экзотический двигатель (см. журнал "Двигатель" № 4 - 1999 г.) (150...270 л.с.)	О реальных свойствах мотора пилот узнает только в полете. Экстремальные ощущения гарантируются	Доверчивый любитель острых ощущений
Использовать самостоятельно доработанные автомобильные двигатели (100...150 л.с.)	Если нет другого выхода, то, по крайней мере, было бы неплохо заранее узнать, что за "зверь" сидит в мешке. Вопросу о том, как это сделать, посвящена настоящая статья	Небогатый энтузиаст, у которого руки растут "откуда следует"

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Типы двигателей	Мощность (макс.), л.с.	Мощность (крейсер.), л.с.	Удельный расход топлива, г/л.с.·ч	Масса, кг	Ресурс	Цена, долл
Авиационный	150	120	205	110	6000 моточасов	14 000
Автомобильный	150	-	180	130	300 000 км	4000

Выясняется: наши представления о том, что все "авиационное" - очень легкое, не соответствуют действительности! Удельные-то показатели автомобильных двигателей на том же уровне, что и у авиационных, а то и лучше. А расход топлива, а цена! На этом "открытии" мучительный процесс выбора нередко и заканчивается. Наш энтузиаст, потирая руки от нетерпения, приступает к постройке самолета. Когда приходит время, он приобретает замечательный автомобильный двигатель.

И хотя в процессе доработки двигателя нашего самодельщика начинают посещать некоторые сомнения, он старается не придавать этому большого значения. Только когда самолет отрывается от земли (если это ему вообще удастся), счастливый энтузиаст начинает соображать: либо аэродинамика и конструкция ЛА получились неудачными, либо мотор все-таки чего-то недодает.

Учитывая, что среди многих творческих разочарований попадают тем не менее вполне "летучие" аппараты, попробуем разобраться по существу, как сравнивать параметры авиационных и автомобильных двигателей, чтобы извечный выбор по критерию "цена - качество" был сделан осознанно.

Масса

Следует подчеркнуть, что авиационные двигатели имеют, как правило, воздушное охлаждение. Сухая масса, указанная в проспектах, включает почти полную комплектацию, за исключением нескольких дополнительных агрегатов. В полную массу надо добавить лишь массу масла (6...8 кг), маслобака и масло-радиатора. Для автомобильных моторов указывается масса без радиатора, охлаждающей жидкости, масла и пр. Так что смело можно брать в расчетах 20-процентную надбавку. Не плохо также вспомнить о системе выхлопа и шумоглушения, без которой не обойтись - иначе неизбежно теряется мощность! На авиационных моторах глушители применяют редко. Нечасто применяют и редукторы, а для автомобильного мотора его придется установить обязательно. Теперь посмотрим, что у нас получилось. Добавка может "весить" процентов 30...35. Но это еще "цветочки". Дальше будет интересней.

Мощность:

- **на максимальном режиме.** Возьмем двигатели одинаковой мощности. Авиационный двигатель может работать на "максимале" от 3 до 15 мин. А автомобильный? Тут, как правило, нет информации. Обычный автомобиль крайне редко "ходит" с предельной нагрузкой, даже на режиме разгона. Если выжать педаль газа в пол и поддержать так минут 5...10, то, по моему мнению, мотор либо закипит, либо заклинит. Если есть сомнения - вездливый читатель может легко проверить это предположение на собственном автомобиле. Думается, что сравнивать моторы по максимальной мощности следует, уменьшив указанную в проспекте мощность автомобильного двигателя на 15...20 %.

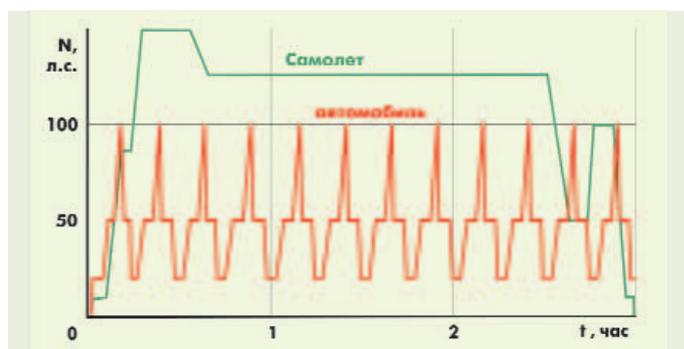
- **на крейсерском режиме.** Мощность авиационного мотора в этом случае составляет 60...80 % от максимальной, а для типового автомобильного? В среднем автомобиль потребляет 20...30 % своей максимальной мощности. Реальная мощность при продолжительной работе может быть и выше, она зависит от качества конкретного мотора, но вряд ли можно ожидать сравнимых с авиационными показателей. Будем считать этот вопрос открытым. Сравнение полетных и ездовых циклов авиационного и автомобильного двигателей наглядно демонстрирует большую "нагруженность" первого.

Расход топлива

Вот здесь уж современные автомобильные моторы имеют существенные преимущества! Добавим, кстати, что и расход масла у них значительно меньше. Однако реализовать это преимущество можно лишь при большой продолжительности полета, что не характерно для "самодельной" авиации.

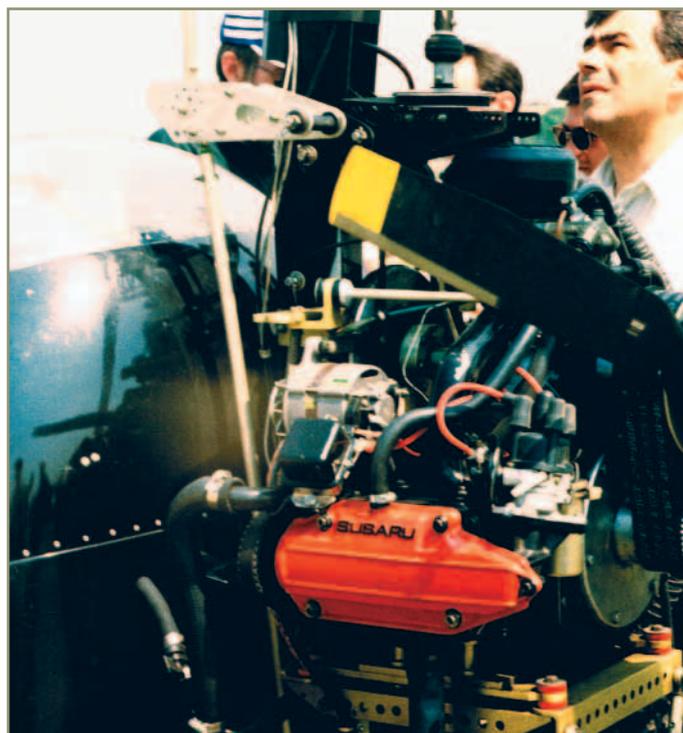
Ресурс и надежность

Самый важный и самый сложный вопрос, напрямую связанный с безопасностью полета. Компромиссы здесь могут обойтись слишком дорого. Ресурсы авиационных двигателей конкретно указываются в инструкциях по эксплуатации, сертификатах и других документах. Гарантированная наработка



Полетный и ездовой циклы авиационного и автомобильного двигателя

авиадвигателей измеряется в моточасах и обязательно подтверждается продолжительными испытаниями, программа которых достаточно строго регламентирована. Обычно полный ресурс поршневых авиадвигателей составляет от 500 до 6000 моточасов. Кроме того, существуют устоявшиеся правила и



требования к некоторым агрегатам и системам. Например, система зажигания полностью дублируется, чаще всего используются два магнето, так что при выходе из строя электрической системы самолета, отказе генераторов и даже одного из магнето двигатель продолжает работать! Характерной особенностью авиадвигателей можно считать отказ от применения ременных передач любых типов. Такие передачи допускаются как исключение для привода дополнительных систем, отказ которых непосредственно не влияет на безопасность полета: например, для дополнительного генератора, вентилятора, некоторого бортового оборудования.

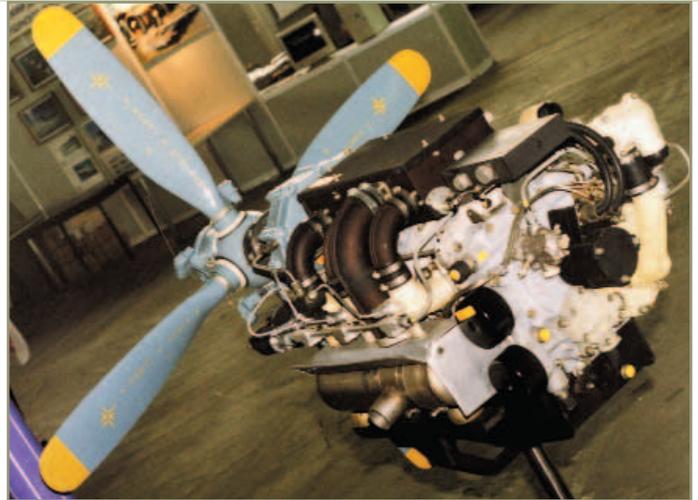
Что касается автомобильных двигателей, то в их конструкции нашли самое широкое применение ремни всех типов. Объясняется это просто: обрыв любого ремня на автомобиле приводит максимум к непредвиденной остановке, его нетрудно устранить путем замены. К сожалению, в воздухе эту рутинную операцию выполнить не так-то просто.

Ресурс автомобильных двигателей хорошо известен, он измеряется в километрах пробега. Обычно это 150...300 тыс. км. Возьмем лучший результат при средней скорости 60 км/ч. Получим неплохую цифру - 5000 моточасов! Но это при существенно более низких значениях нагрузки.

В принципе, относительно точно оценить моторесурс автомобильного двигателя при больших нагрузках и мощности, близкой к максимальной, не слишком сложно, но очень дорого - нужно провести ресурсные испытания нескольких образцов выбранного мотора по авиационным нормативам.

Цена

Это главный соблазн, который заставляет искать замену настоящему авиадвигателю. Для профессионального эксплуатанта более значим другой экономический параметр - стоимость летного часа, в котором помимо цены двигателя учитывается его ресурс, стоимость ремонтов и обслуживания, рас-



ход топлива и его стоимость и пр. Для любителя важнее, сколько денег он должен выложить сразу. Действительно, цена современного авиадвигателя составляет \$12...50 тыс. Во что же реально обойдется доработанный автомобильный мотор? Если взять за основу агрегат, так сказать, бывший в употреблении, капитально его отремонтировать и доработать под привод воздушного винта, то можно уложиться в \$3 тыс. (можно, конечно, взять и новый мотор, но обычно этого не делают - уж экономить, так экономить!)

Что в итоге

Мы не даем результирующую таблицу приведенных к общему знаменателю параметров авиа- и автомоторов, а предлагаем читателю сделать это самостоятельно. Окончательный выбор - за потребителем (клиент всегда прав!).

Следует отметить, что для "серьезной", "настоящей" авиатехники применение моторов без авиационного сертификата невозможно. Однако для желающих полетать "с ветерком" остается право выбора. Существование небольших фирм, занимающихся разработкой и поставкой автомобильных моторов с пропеллером, наглядно подтверждает закон рынка: спрос рождает предложение. Главное, что хотелось бы автору, это дать потребителю информацию к размышлению, дабы выбор двигателя делался осознанно. Чтобы было понятно, почему очень похожие самолеты или вертолеты могут быть "настоящими" летательными аппаратами, а могут - аттракционами для любителей острых ощущений.

Счастливого полета!

ИНФОРМАЦИЯ

21 ноября 2000 г. состоялись торжества в честь 170-летия со дня основания особого ВУЗа России - Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. На юбилейном собрании выступил Президент РФ В.В. Путин.

В преддверии юбилея успешно прошла 11 Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция по тематике газотурбинных и комбинированных установок и двигателей. На пленарном и шести секционных заседаниях заслушано более 100 докладов. Академик РАН А.И. Леонтьев, директор НИИД Н.И. Троицкий, генеральный директор ММП "Салют" Ю.С. Елисеев, директор ВТИ Г.Г. Ольховский, профессор Общевойсковой академии ВС РФ Г.Ю. Степанов - таков далеко не полный перечень выступивших на пленарном заседании.

В прениях отмечался высокий уровень докладов, достаточно полно отражающих современное состояние и перспективы развития газотурбинных установок и двигателей в самых различных отраслях промышленности. Отрадно отметить широкое и актив-



ное участие в работе конференции наряду с маститыми учеными с мировыми именами и молодых специалистов, а также студентов старших курсов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Валерий Гуров

ДЛЯ КОРЕННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

СТРАНЫ

ФНПЦ "ММП" "САЛЮТ":

Юрий Елисеев, генеральный директор

Вячеслав Беляев, главный конструктор
промышленных ПГУ

Александр Косой, зам. главного конструктора
промышленных ПГУ

В настоящее время в мировой энергетике установки, где в качестве привода используется ГТД, не новость. Широкое распространение таких устройств дает возможность некоторым образом их систематизировать. Основные типов энергетических ПГУ три:

1. ПГУ простого цикла. Эти ПГУ состоят из ГТД и подключенного к нему приводного устройства. Рабочим телом в ПГУ простого цикла является воздух (в турбине, естественно, еще и с примесью продуктов сгорания топлива). Термодинамический коэффициент полезного действия (к.п.д.) таких установок напрямую зависит от температуры рабочего тела перед турбиной. Величина этой температуры ограничена возможностями применяемых в турбине материалов, а также эффективностью систем охлаждения. Основным достоинством этих ПГУ является их конструктивная и эксплуатационная простота. Для ПГУ простого цикла в ближайшее время реально достижим к.п.д. на уровне 38%. Удельная стоимость таких установок колеблется от 250 до 350 \$/кВт.

2. ПГУ бинарного цикла. В данных ПГУ производят полезную работу два рабочих тела: воздух + продукты сгорания топлива и вода + водяной пар. Для этого в конструкцию ПГУ бинарного цикла, часто называемой парогазовой установкой (ПГУ), помимо ГТД включается традиционная паросиловая установка, состоящая из котла и паровой турбины с конденсатором. В паровом цикле оставшийся после ГТД воздух и продукты сгорания топлива осуществляют функцию промежуточной среды, передающей тепло в котле-утилизаторе воде и водяному пару. Включение в состав ПГУ паротурбинного комплекса значительно усложняет конструктивные и эксплуатационные характеристики установки по сравнению с ПГУ простого цикла. Частичное использование тепла отходящих газов ГТД в паровой приставке позволяет поднять к.п.д. ПГУ до уровня 55...60%. Удельная стоимость таких установок в 2...3 раза превышает стоимость ПГУ простого цикла.

3. ПГУ STIG. Этот вариант ПГУ представляет собой парогазовую установку, но без отдельной паровой турбины. Пар из котла-утилизатора сбрасывается в камеру сгорания ГТД. Более простая тепловая схема позволяет значительно сократить сроки строительства и монтажа таких установок, уменьшить эксплуатационные затраты. Продаются такие установки в 1,5...2 раза дешевле ПГУ. При этом реально достигнутый к.п.д. ПГУ STIG средней мощности в настоящее время гораздо выше, чем у ПГУ простого цикла и находится на уровне 45...48%. Реально достижим в ближайшее время к.п.д. ПГУ STIG на уровне 55% и выше.

Все это позволяет утверждать, что в ближайшей перспективе ПГУ STIG получат бурное развитие. Поэтому рассмотрим более подробно некоторые аспекты работы таких установок и пути повышения их эффективности.

В ПГУ STIG рабочим телом, как уже отмечалось выше, являются воздух и вода. Оба эти тела подают в камеру сгорания ГТД (вода в камеру сгорания поступает в виде пара), откуда они поступают в турбину и далее по газовому тракту в котел-утилизатор. При этом перед подачей в камеру сгорания как воздуха, так и пара, над ними совершается работа сжатия.

В современных ГТД воздух сжимается в многоступенчатых компрессорах. В результате работы сжатия в каждой из ступеней компрессора выделяется большое количество тепла, поэтому часто используются многоступенчатые компрессоры с промежуточным охлаждением воздуха, что ведет к значительному усложнению конструкции при относительно низкой эффективности работы теплообменного аппарата (следовательно, сброс из цикла тепловой энергии здесь невелик).

Более эффективным является впрыск воды в компрессор. Промежуточное снижение температуры сжимаемого воздуха происходит здесь, главным образом, в результате парообразования воды при ее испарении, что позволяет значительно уменьшить потребную работу сжатия. Кроме того, более низкая температура позволяет создавать компрессоры из более дешевых материалов.

Эксперименты доказывают, что уже при впрыске 1% (от расхода воздуха) воды, мощность двигателя увеличивается на 14% и на 40% снижается уровень вредных выбросов оксидов азота. Отметим, что достижение одной и той же мощности в ПГУ простого цикла и ПГУ с впрыском воды в компрессор обеспечивается у последней при температуре газа перед турбиной на 40...60 градусов ниже. Влияние температуры газа перед турбиной на надежность и ресурс ГТД известно.

Повышение давления воды (в отличие от воздуха) обычно осуществляется в жидкой фазе, что требует гораздо меньшего количества энергии. Ощутимого роста температуры после водяного насоса не наблюдается. Поэтому, поднимая насосом давление воды и прокачав ее через котел-утилизатор, можно получить пар приблизительно того же давления, что и у воздуха, сжатого в компрессоре. В котле-утилизаторе происходит передача энергии горячих выхлопных газов из-за турбины получаемому пару. Таким образом, на выходе из компрессора и котла

имеются два рабочих тела одного давления и приблизительно одной температуры.

В камере сгорания оба эти рабочие тела нагреваются до высокой температуры перед турбиной. Разогрев происходит при сжигании в воздухе топлива. Для уменьшения вредных выбросов оксидов азота часть так называемого "экологического" пара (10...20%) подается непосредственно в тот район камеры сгорания, где происходит сжигание топлива. Оставшаяся часть пара ("энергетического") подается в камеру сгорания ниже зоны горения.

Значительный резерв повышения эффективности ГТУ заложен в охлаждении паром высокотемпературной турбины. Пар, как охлаждающий агент, по своим теплофизическим параметрам предпочтительнее воздуха. Как сказано выше, он требует меньших энергетических затрат, чем воздух, при подготовке к подводу в охлаждаемую зону. Просматривается достаточная простота конструктивного выполнения системы подвода пара для охлаждения элементов турбины ГТД с последующим использованием этого пара на самой турбине, или подачей его в камеру сгорания.

Снижение энергозатрат на сжатие воздуха в компрессоре и использование высокоэффективного парового охлаждения с практически неограниченным количеством хладагента позволяют говорить о появлении в ближайшее время ГТУ с параметрами, значительно превышающими достигнутый к настоящему моменту уровень. Будут выпускаться ГТД с давлением за компрессором 40 кг/см² (и выше) и температурой газа перед турбиной на уровне 1600...1800 °С. Уже одно это позволит повысить к.п.д. установок до уровня 56...58%.

Единственным недостатком описанной схемы является потеря "котельной" воды с выхлопными газами. Если в дополнение к рассмотренной схеме ПГУ STIG предусмотреть конденсацию воды из уходящих газов для снижения потерь химически очищенной воды, то получаем установку, часто называемую "Водолей", по имени первой такой установки мощностью 25 МВт, построенной в Николаеве. Эта установка была разработана в начале 90-х годов в СССР. К настоящему моменту ее опытный экземпляр наработал более 8000 ч.

Составными частями такого типа установки являются ГТД, котел-утилизатор и контактный конденсатор, устанавливаемый при выходе газа из котла. Эффективность работы конденсатора велика. Так, при температуре охлаждения ниже 30 °С в конденсаторе происходит избыточная конденсация воды по сравнению с поступившей в котел. Этот эффект возникает из-за конденсации воды, получаемой в камере сгорания при сжигании органического топлива в воздухе.

Наличие у ГТУ контактного конденсатора позволяет уменьшить на 20...30% количество сбрасываемого в атмосферу рабочего тела (газ-пар) по сравнению с проходящим через турбину. Одновременно понижается температура сбрасываемого газа до 30...50 °С. Это позволяет говорить о перспективности турбины с перерасширением газа (с последующим сжатием его в компрессоре за конденсатором).

Столь же перспективной является возможность использования в данных установках в качестве опор подшипников скольжения, работающих на воде. Это позволит не только исключить использование дорогостоящего масла, но и снизить затраты воздуха на подпоры полостей и суфлирование.

В России, уже сейчас, на базе существующего отработанного оборудования (газотурбинных двигателей, котлов и т.д.) с минимальными затратами можно создать ГТУ STIG с электрическим к.п.д. на уровне 55% и практически неограниченной мощностью. Так, на базе ГТД АЛ-21 можно получить мощность 120 МВт, а используя имеющийся компрессор с расходом воздуха 750 кг/с - вплоть до 1 ГВт на одном валу. При этом такие мощности достигаются при габаритах значительно меньших, чем у действующих паровых блоков, что обеспечивает в дальнейшем их использование при реконструкции существующих атомных и тепловых электростанций.

Перспективность ГТУ STIG и отсутствие в России каких-либо изготовителей данных установок подтолкнуло ФНПЦ ММП "Салют" к решению приступить к созданию такой ГТУ на базе серийно выпускаемых им двигателей. Чтобы ускорить внедрение передового опыта, полученного при создании таких установок, для ра-

боты в конструкторское бюро ММП "Салют" приглашены 63 специалиста по проектированию ГТУ STIG, из которых более десятка - главные специалисты с многолетним опытом в проектировании и отработке таких установок.

ФНПЦ ММП "Салют" запланировал в первом квартале 2003 г. ввести в строй ГТУ STIG мощностью 60 МВт с электрическим к.п.д. выше 50%.

Создаваемая энергетическая установка содержит парогазотурбинный двигатель, паровую турбину, котел-утилизатор, контактный конденсатор, турбогенератор и различные системы жизнеобеспечения установки. Парогазотурбинный двигатель представляет собой компрессор авиационного двигателя АЛ-21, модернизированную камеру сгорания с возможностью подачи в нее "энергетического" и "экологического" пара, а также специально разработанную под повышенный ресурс охлаждаемую турбину компрессора. На первом этапе в качестве силовой турбины предусмотрено использование турбины СТ-20 с одной дополнительной ступенью. В дальнейшем, на втором этапе освоения установки, в силовой турбине неохлаждаемые лопатки будут заменяться на охлаждаемые.

В установке используется котел-утилизатор (в дальнейшем котел) двух давлений. Основу теплопередающих пакетов котла составляют плоские змеевики из трубок 32x3 мм с приварным спиральным оребрением. Материал трубок - сталь 20, ребер - сталь 10. Материал трубок пароперегревателя котла высокого давления - сталь 12Х1МФ, ребер - сталь 12Х1МФ. Объединенные коллекторами теплопередающие пакеты образуют многозаходные многоходовые системы пароперегревателя, испарителя и экономайзера.

Пароперегреватель котла низкого давления содержит несколько рядов труб, собранных в почти сотню параллельных змеевиков. Последние подсоединены с двух сторон к общему коллектору, выполненному из трубы 273x10 мм, разделенной сферической перегородкой на входную и выходную полости.

Аналогичное число змеевиков применено и в пароперегревателе котла высокого давления, но они состоят из вдвое большего числа рядов труб. Здесь коллекторы выполняются из трубы 273x10 мм (материал - сталь 12Х1МФ).

Испарители обоих котлов конструктивных различий не имеют и выполняются прямоточными. Экономайзеры котлов как высокого, так и низкого давлений выполнены противоточными.

Коллекторы испарителя экономайзера изготовлены из труб 219x9 мм. Принципиальные схемы змеевиков и общие конструкторские решения по прямоугольным змеевиковым пакетам стандартные. Собранные в корпусе и объединенные коллекторами змеевики пакета образуют конструктивно заверченный блок (теплообменник). В составе котлов обоих давлений имеется три блока - пароперегревателя, два испарителя и два экономайзера. Все блоки, начиная с выходного фланца пароперегревателя, имеют одинаковые фронтальные размеры и устанавливаются друг на друга. Имеется возможность компенсации тепловых расширений змеевиков. В блоке пароперегревателя низкого давления оребренные трубки 4-рядного змеевика прихвачены сваркой по оребрению к дистанционирующим кольцам.

При ремонте котла любой дефектный змеевик можно демонтировать сквозь специальные проемы в задних стенках блоков испарителя и экономайзера и поставить на это место новый или отремонтированный.

Монтаж и демонтаж змеевиков в блоке первого по ходу газов пароперегревателя высокого давления осуществляется через лючки на наклонных поверхностях газоприемной полости пароперегревателя.

Контактный газоохладитель-конденсатор (далее конденсатор) устанавливается на выхлопе за утилизационным котлом газотурбинной установки. Конденсатор предназначен для выделения из выбрасываемой в атмосферу парогазовой смеси воды. Конденсатор состоит из противоточного контактного теплообменника, водоконденсатосборника и инерционного жалюзий-

ного водоотделителя. Элементы конденсатора сконструированы в виде отдельных прямоугольных блоков одинакового фронтального сечения. Соединенные друг с другом последовательно они образуют единый силовой корпус конденсатора. Первым по ходу парогазовой смеси расположен водоконденсатосборник, представляющий собой поддон для сбора и отвода конденсатной воды, на дне которого имеются выступающие каналы, служащие для прохода парогазовой смеси. Каждый канал накрыт перевернутым желобом.

Насадочная часть теплообменника состоит из большого числа пакетов гофрированной сетки, изготовленной из материала 12Х18Н10Т. Ороситель имеет в своем составе свыше полутысячи центробежных форсунок. Инерционный жалюзийный влагоотделитель состоит также из отдельных пакетов, изготовленных из профильных пластин толщиной 1 мм из того же, что и сетка материала. Профили соседних пластин в пакете образуют четыре ступени инерционного отделения капельной влаги из газового потока.

Принцип работы контактного противоточного газоохладителя - конденсатора заключается в следующем: парогазовая смесь с начальной температурой около 110...130 °С проходит через каналы водоконденсатосборника на вход в насадочную часть теплообменника. Здесь, соприкасаясь с охлаждающей водой, стекающей пленкой по каналам насадочной части и каплями падающей в водоконденсатосборник, парогазовая смесь охлаждается. При температу-

ре парогазовой смеси ниже точки росы начинается процесс конденсации пара из смеси. Процесс охлаждения газа и конденсации пара из смеси продолжается и в оросительной части теплообменника на поверхности капель охлаждающей воды, которые летят из форсунок к сетчатой насадке. Практически вся сконденсированная влага попадает в охлаждающую воду, подаваемую в конденсатор через форсунки. Та же часть воды, которая с конденсатом в виде мелких капель уносится из оросителя газовым потоком в инерционный влагоотделитель, при многократном изменении направления движения оседает капельной влагой на поверхности отделителя. Под действием гравитационной силы эта влага пленкой стекает навстречу газовому потоку, срывается с кромок и в виде крупных капель падает через ороситель на сетчатую насадку.

Охлаждающая вода, дополненная конденсатом в контактном теплообменнике, под действием гравитационной силы в виде крупных капель падает из насадки через встречный парогазовый поток в водоконденсатосборник и отводится оттуда самотеком в сливную емкость.

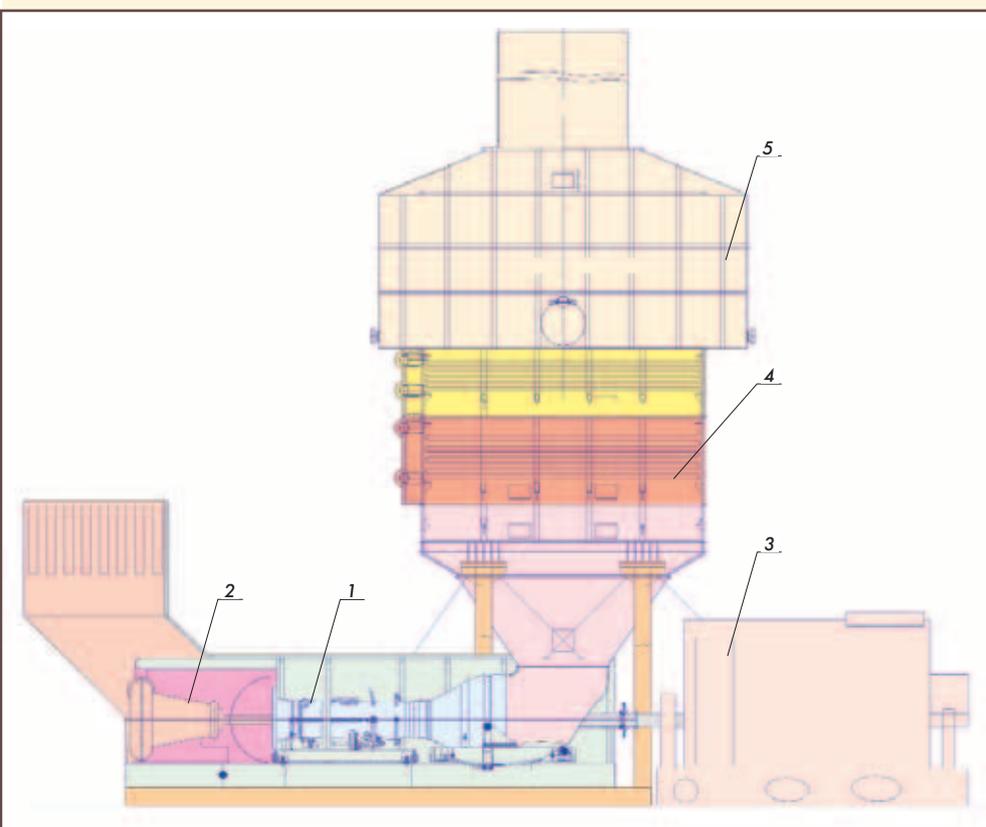
Эффективность работы конденсатора зависит от глубины охлаждения парогазовой смеси и качества работы влагоотделителя. Количество улавливаемой конденсатором воды должно быть не менее суммы количеств воды, поданных на охлаждение конденсатора и для питания утилизационного котла. Сухая масса конденсатора 20 т.

Как уже отмечалось выше, с целью обеспечения высокой экономичности установки в ней применяется котел двух давлений. Пар высокого давления после котла поступает в паровую турбину, а затем часть его после перегрева в котле поступает в камеру сгорания. Другая часть пара после паровой турбины используется в системе охлаждения турбины парогазотурбинного двигателя. Паровая турбина при этом может использоваться как привод компрессора ГТУ.

Создание первой в России ГТУ STIG позволит перейти к новым газотурбинным технологиям, которые в значительной степени обеспечат в дальнейшем коренную реконструкцию энергетического комплекса страны.

Проект ГТУ STIG мощностью 60 МВт

1. Конвертированный газотурбинный двигатель АЛ-21 с силовой турбиной.
2. Паровая турбина.
3. Турбогенератор.
4. Котел-утилизатор.
5. Контактный конденсатор.



DIGEST

The advantages and attractiveness of STIG gas-turbine ground powerplants (STIG GTPs) and lack of manufactures in Russia of these GTPs, have hinted "Salute" Moscow Motor-Building R&D Association to launch the development of the GTP on the basis of its series engines. It is scheduled to put into commercial production 60-MW STIG GTP with over 50% electric efficiency in the 1st quarter of 2003.

The powerplant being under development includes a steam GTE, steam turbine, boiler, direct-contact condenser, turbine-driven generator, and different accessories. The steam GTE contains the compressor of AL-21 aircraft engine, an upgraded combustion chamber with ability to supply "power" and "ecological" steam, as well as a specially designed long-life cooled compressor turbine. At the first stage of the project it was supposed to use ST-20 turbine as a power turbine with an additional stage. In future, at the second stage of the development, the uncooled blades of the power turbine will be replaced by cooled blades. The GTP uses a two-pressure boiler.

In the nearest future in Russia it will be possible to develop STIG GTPs with 55% electric efficiency and practically unlimited power at minimum cost on the basis of spent machinery (GTEs, boilers, etc.). For example, it is possible to generate 120-MW power on the basis of AL-21 GTE and by using the available compressor with 750-kg/s airflow - up to 1 GW for one shaft. In this case, the overall dimensions of the GTPs are considerably smaller as compared with current steam powerplants that will give an opportunity to use them in reconstruction of today's atomic and thermal power stations.

FOR FUNDAMENTAL RECONSTRUCTION OF RUSSIAN POWER COMPLEX

ЗАПАС КАРМАН НЕ ТЯНЕТ?

Лев Франкштейн

Любой тяговый двигатель летательного аппарата имеет ряд технологических систем: топливную, воздушную, гидравлическую, масляную и другие. Каждая из них важна, отказ любой – опасен, особенно для однодвигательного летательного аппарата. Но и в многодвигательном самолете отказ какой-либо системы может привести к цепной реакции повреждений, результатом которой может стать и авария и пожар на борту. Поэтому повышение их надежности – насущная необходимость.

Масло из находящейся под большим рабочим давлением маслосистемы при любой разгерметизации уходит очень быстро; циркуляция масла прекращается и при поломке привода насосов: в любом случае смазка и охлаждение узлов трения двигателя нарушаются. На протяжении многих лет дискутируется вопрос о целесообразности повышения надежности масляной системы ее дублированием. Единственная задача резервной системы – выполнение функций вышедшей из строя основной, причем только в течение времени, достаточного для благополучного завершения полета (надежного приземления на ближайшем аэродроме или, если нет возможности долететь до него, иной подходящей площадке). Резервная масляная система не должна снижать надежность основной системы и ограничивать ресурс двигателя, но при всем том она сама должна быть максимально надежной, иметь малые габариты, массу и включаться автоматически.

Применение резервной системы, рабочим телом которой является масло, затруднительно: это потребует применения дублирующего циркуляционного контура с дополнительным запасом масла. Даже при частичном циркуляционном контуре, обслуживающем только критические подшипники, такая система окажется сложной: помимо масляного бачка и насосов она должна включать еще топливомасляный теплообменник и фильтр. Заметим, что подключаемая при разгерметизации резервная масляная система будет опустошена столь же быстро, как основная, и через тот же разрыв контура, который послужил причиной аварии последней.

Учитывая это, в качестве резервной можно попытаться применить систему, в которой рабочим телом является масловоздушная смесь. Основной принцип формирования подобной системы состоит в том, что масло, прокачиваемое через подшипник, служит, главным образом, для его охлаждения. Для смазки подшипника достаточно самого мизерного количества масла. Если это так, то обеспечить смазку и охлаждение подшипника можно путем продувки через него масловоздушной смеси.

Резервная масловоздушная система смазки и охлаждения подшипников применяется в малоразмерных двигателях военных вертолетов США. Она работает с помощью эжектора, активной струей которого является воздух, отбираемый из-за передних ступеней компрессора. При аварии основной масляной системы ограниченное количество масла подсасывается из небольшой емкости, и образовавшаяся масловоздушная смесь направляется

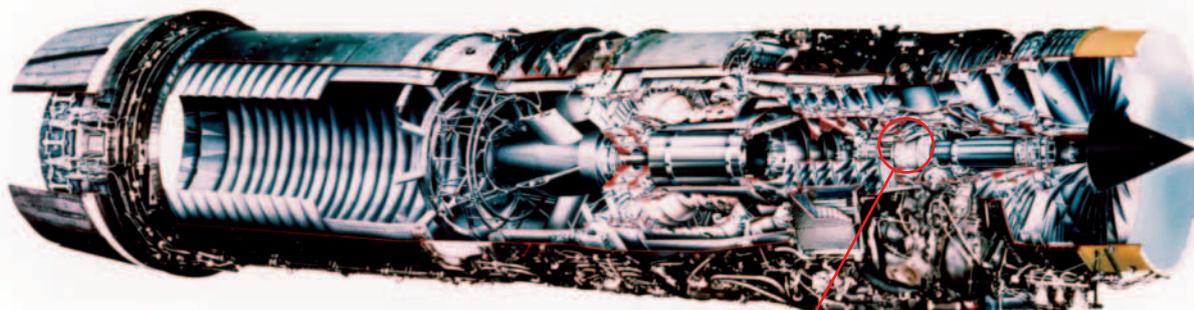
через подшипники. Отработавшая масловоздушная смесь отводится за борт через систему суфлирования. Трубопроводы этой системы имеют достаточное проходное сечение, чтобы давление в полостях подшипников оставалось в пределах нормы. Расход масла на один подшипник составляет примерно 200 г/ч.

Выполнение резервной системы по подобной схеме требует прокладки труб подвода масловоздушной смеси к подшипникам ротора через полые ребра опор и двойные стенки подшипников. Из-за значительного усложнения конструкции резервируются смазка и охлаждение только самых критических подшипников (обычно не более двух наиболее напряженных, без которых работа двигателя невозможна). Остальные узлы трения работают в аварийном режиме без смазки и охлаждения. При превышении определенного ограниченного времени работы двигателя в таких условиях это может повлечь дополнительные повреждения. Для надежного приземления самолета (в отличие от вертолета, для которого поиск места аварийного приземления столь остро не стоит), этого времени может не хватить.

В ряде случаев резервная масловоздушная система вряд ли сможет стать панацеей при аварийной ситуации: например, в случае прорыва большого количества горячего воздуха в масляную полость подшипника через изношенное или поврежденное газовоздушное уплотнение вала. Если с перегревом узла трения, наступающим в результате этого явления, не справляется основная масляная система, то резервной масловоздушной системе это тем более не дано.

Известен только один самолетный двигатель с резервной масловоздушной системой – SNECMA M 53, устанавливаемый на "Мираж". В нем резервная система обслуживает лишь радиально-упорный подшипник. Фирма утверждает, что двигатель после отказа основной масляной системы продолжает работать в течение 15 мин. Для боевого самолета этого может хватить для завершения задачи, а если отказ произошел в районе аэродрома, то и для посадки. Для пассажирского лайнера последнее маловероятно, да и двигатель после такой работы вряд ли будет можно восстановить, что также существенно.

Богатый опыт эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей, накопленный более чем за 50 лет их применения, позволил выявить и устранить большинство причин отказов масляной системы. В результате, надежность масляной системы значительно возросла, а вопрос о необходимости применения резервной



Двигатель M 53 самолета "Мираж" 2000

Радиально-упорный подшипник

системы потерял свою остроту. Масляная система стала намного надежней и гораздо менее зависимой от неграмотного обслуживания. Между тем, работы по ее дальнейшему совершенствованию продолжают. За последние годы был внесен ряд предупредительных мер различного характера, повышающих надежность работы масляной системы. Так, например, на всех современных авиационных ГТД масляный бак выполнен в виде сосуда, работающего под давлением. Это повышает его надежность на случай внезапного чрезмерного увеличения давления в системе суфлирования. Заливная горловина бака снабжается автоматическим перекрывным клапаном, предотвращающим выброс масла в атмосферу при неправильном креплении крышки. Маслбак оборудуется локальным и дистанционным масломерами, датчики которых соединяются с указателем на приборной доске кабины пилота и САУ отдельными проводами. Для исключения попадания масла на горячие поверхности двигателя при утечках бак масляной системы размещают рядом с нижней коробкой приводов агрегатов, по возможности единым блоком (в так называемом "масляном центре"), и соединяют его с двигателем рукавами с металлической оплеткой и жесткой присоединительной арматурой. Это исключает разгерметизацию соединений масляной системы, происходившую при применении негибких труб из-за монтажных и температурных напряжений. И наконец, в баке обеспечивается

неразрывность потока циркулирующего в системе масла: увеличивается длина трубопроводов, подводящих масло к двигателю (что существенно при утечках), обеспечивается работа при любых пространственных положениях двигателя и подогревается масло на входе в двигатель (что препятствует образованию ледяных пробок при запуске на морозе). Это позволяет самолету совершать разнообразные эволюции в полете, ускоряет подогрев масла и, следовательно, подогрев топлива в топливомасляном теплообменнике, что предотвращает забивание льдом топливного фильтра при взлете самолета после длительной стоянки в условиях низких температур. Подобные изменения, направленные на повышение надежности, проведены и по остальным компонентам масляной системы. Некоторые из них стали общепринятыми: такие, как контроль количества и размеров металлических частиц в масле, позволяющий предотвратить разрушение узлов трения.

Таким образом, современные конструкторы полагают, что проще принять меры по предупреждению аварийных ситуаций, чем бороться с их последствиями с помощью сложных и малоэффективных резервных систем. И метод дублирования (или даже троирования) жизненно важных систем машины, доставшийся современным авиамоторостроителям в наследство от конструкторов первых поршневых авиамоторов, наверное, стоит оставить для музейных полок вместе с ненадежными системами, для которых он был придуман.

DIGEST

The subject being discussed for many years is an increase in reliability of the main engine oil system by using a back-up system. Unsealing and failure of a drive causes termination of lubrication and cooling of friction pairs in the engine. The only task for the back-up system is to continue functions of a failed main system within a time period necessary for successful completion of the flight. Most of troubles related to oil system have been found and eliminated for the last 50 years and its reliability has been considerably improved. Aiming at improvement of reliability, all components of the oil system have passed through modifications. Back-up method of the most crucial engine systems which was inherited from the first piston engine designers, should be shelved together with unreliable systems for which it was invented.

RESERVE IS NOT A BURDEN

ICEF



МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ
"ВЕЛИКИЕ РЕКИ"
РОССИЯ, НИЖНИЙ НОВГОРОД, МАЙ 2001

ПРОЕКТ МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ФОРУМА "ВЕЛИКИЕ РЕКИ" / ICEF
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



"РЕКА"

ОРГАНИЗАТОРЫ:

Правительство
Российской Федерации;
ЮНЕСКО;
Министерство
транспорта
Российской
Федерации;
Служба Речного
транспорта России;
Центральное бюро
научно-технической
информации
Минтранса РФ;
Администрация
Представителя Президента
Российской Федерации в
Приволжском
федеральном округе;
Администрация
Нижегородской области;
ВАО "Нижегородская ярмарка"

НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
ПРОБЛЕМЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
И ДАЛЬНЕЙШЕЕ
РАЗВИТИЕ
ВНУТРЕННИХ
ВОДНЫХ
ПУТЕЙ
РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
КОНКУРС
ИНВЕСТИЦИОННЫХ
ПРОЕКТОВ
И ПРЕДЛОЖЕНИЙ

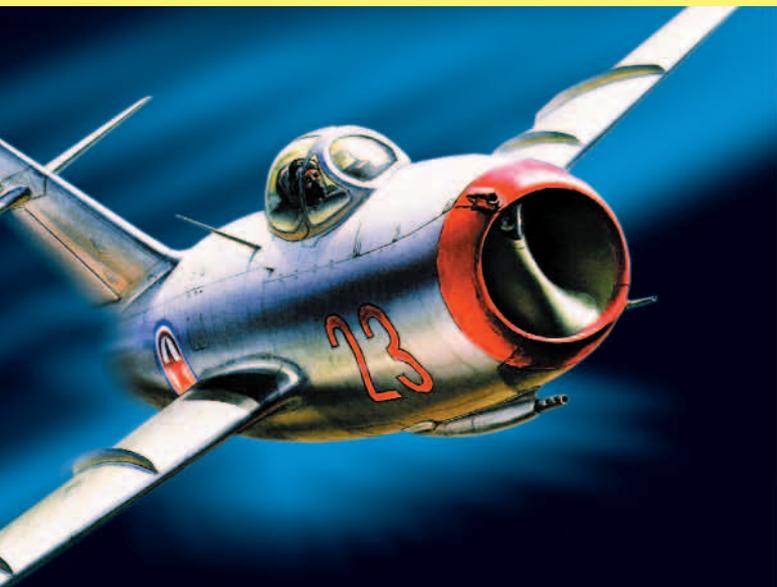
15-18

мая 2001 года

ВАО "НИЖЕГОРОДСКАЯ ЯРМАРКА"
603086, г. Нижний Новгород, ул. Совнаркомовская, 13
Тел.: (08312) 77-54-87
Факсы: (08312) 77-55-68, 77-56-65
e-mail: ryzhov@yarmarka.ru
http://www.yarmarka.ru/index_icef.htm

МОСКОВСКОЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО:
Тел./факсы: (095) 209-37-21, 209-37-95
e-mail: yarmarka@4unet.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ:
Тел./факсы: +007-(812) 325-54-25, 110-10-82
e-mail: csca@mail.wplus.net

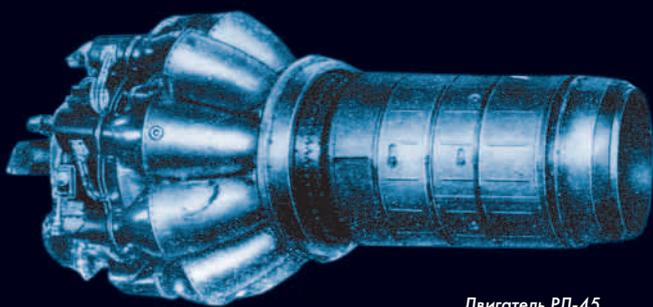


ДВИГАТЕЛИ ВК:

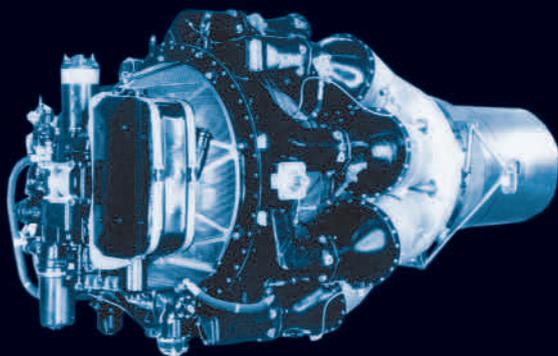
ГУП "Завод им. В.Я. Климova":

Петр Изотов, главный конструктор

Данила Изотов, менеджер по рекламе



Двигатель РД-45



На рубеже 30-40-х годов авиационные специалисты поняли, что возможности дальнейшего развития поршневых моторов исчерпаны. Настоятельная необходимость повышения скоростей и высот полета военной авиации, увеличения дальности полетов авиации пассажирской и транспортной потребовала существенного снижения удельной массы силовой установки и одновременно повышения ее экономичности. С применением традиционных для авиации поршневых моторов любого типа все это уже было недостижимо.

Требуемого прироста важнейших характеристик самолетов можно было добиться только путем внедрения газотурбинных двигателей. Окончание Второй мировой войны совпало с началом эры реактивной авиации. К 1945 г. практически все ведущие державы мира - Великобритания, Соединенные Штаты Америки, Германия - начали строить опытные и первые серийные реактивные истребители и бомбардировщики, некоторые из которых даже успели повоевать. Советский Союз, несмотря на перспективные довоенные разработки Архипа Михайловича Люльки, во время войны остановил разработки в авиатурбостроении и теперь вынужден был стремительно догонять эти страны.

Пробел нужно было восполнять в самые короткие сроки. Для развития отечественного турбореактивного двигателестроения предлагалось: вначале, для накопления опыта, использовать трофейные двигатели, затем - освоить на советских заводах английские лицензионные моторы, а на третьем этапе - ускорить работы по отечественным реактивным двигателям силами конструкторских бюро В.Я. Климova, А.А. Микулина и А.М. Люльки.

На всех трех этапах коллектив Климova играл одну из ведущих ролей. Забегая вперед, скажем, что уже в 1947 г. первые советские реактивные истребители прошли государственные испытания и были приняты на вооружение. В начале 50-х годов МиГ-15бис с "кли-

ОТ ВК-1 ДО ВК-10

мовским" двигателем ВК-1 считался одним из лучших в мире истребителей (по результатам боевых действий в небе Кореи).

ОКБ Климova занялось разработкой турбореактивных двигателей еще с 1945 г., когда оно работало в Уфе. По приказу Наркома авиационной промышленности от 28 апреля 1945 г. в распоряжение ОКБ были предоставлены трофейные немецкие турбореактивные двигатели Jumo 004B1 фирмы Junkers, применявшиеся на немецких истребителях Me 262 и первом в мире реактивном бомбардировщике Ju 287. ОКБ Яковлева и Лавочкина в том же году получили задание от ГКО построить с этими двигателями отечественные истребители.

В начале 1946 г. Jumo 004B1 был запущен в серийное производство под индексом РД-10 на уфимском авиационном заводе № 26, а в 1949-1950 годах его изготовление освоил ленинградский завод № 466 (ныне ОАО "Красный Октябрь"), где оно продолжалось до января 1953 г. Двигатель имел осевой восьмиступенчатый компрессор, камеру сгорания с шестью индивидуальными жаровыми трубами и одноступенчатую турбину. Регулирование тяги осуществлялось единым рычагом путем изменения подачи топлива и площади выходного сечения сопла в результате перемещения в сопле подвижного конуса. В качестве основного топлива использовался керосин. Раскрутка ротора двигателя при запуске осуществлялась специальным двухцилиндровым бензиновым пусковым двигателем с отдельной топливной системой. На номинальном режиме двигатель развивал тягу 900 кгс. Удельный расход топлива составлял 1,4 кг/кгс·ч. Сухая масса РД-10 равнялась 720 кг, максимальный диаметр - 810 мм, длина - 3935 мм. Двигатель имел несколько модификаций с "вторичной топкой" - форсажной камерой, тяга которых варьировалась в пределах 1050...1350 кгс.



Двигателями РД-10 были оснащены отечественные реактивные истребители первого поколения, разработанные в ОКБ А.С. Яковлева (Як-15, Як-17, Як-19), С.А. Лавочкина ("150", "150М", "150Ф", "152", "156", "160"), П.О. Сухого (Су-9) и др.

Первым советским реактивным истребителем, принятым на вооружение ВВС, стал Як-15, представлявший собой модификацию Як-3, которому провели "операцию по пересадке сердца". Вместо поршневого двигателя М-105 на него установили турбореактивный РД-10. Новый двигатель расположили в носовой части фюзеляжа под крылом и кабиной с выходом реактивной струи под хвост фюзеляжа. На этом самолете впервые в стране была применена так называемая "реданная" схема. Построен Як-15 был в октябре 1945 г., испытания проходил с весны 1946 г. по весну 1947 г. Самолет смог развить максимальную скорость 805 км/ч на высоте 5000 м. Следом за Як-15 вскоре появилась более совершенная машина Як-17. Оба самолета широко применялись в военно-воздушных силах, на них летчики делали первые шаги в освоении реактивной авиации.

В ОКБ Лавочкина построили ряд опытных истребителей с двигателями РД-10. И самолеты Лавочкина, и Яки имели "реданную" схему расположения двигателя. Только на "152-м" двигатель РД-10 устанавливался снизу головной части фюзеляжа таким образом, чтобы сопло выходило под его днищем. Получилось нечто вроде внешней подвески: носовая балка фюзеляжа проходила выше двигателя, а весь двигательный отсек, закрытый подвесным капотом, не входил в силовую схему корпуса и крепился к нему снизу. Такая компоновка значительно упрощала технологическую сборку самолета и его эксплуатацию.

Одновременно с работами по этим самолетам в ОКБ Яковлева и Лавочкина совместно со специалистами ЦИАМ предпринимались самостоятельные попытки создания форсажной камеры для РД-10. Под разные варианты РД-10Ф были спроектированы Як-19, "150Ф", "156". Истребитель Як-19 впервые в СССР имел аэродинамически более совершенную "фюзеляжную" схему - выхлопное сопло двигателя располагалось по оси симметрии фюзеляжа.

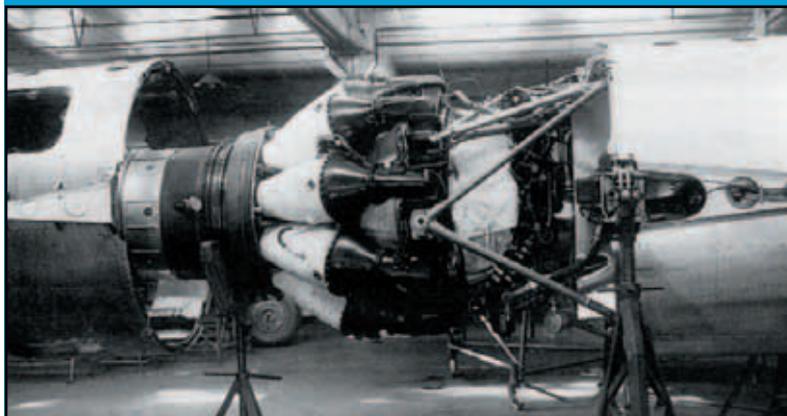
В ОКБ Сухого с РД-10 был построен двухдвигательный фронтовой истребитель Су-9, способный одновременно выполнять функции легкого бомбардировщика. Его схема напоминала немецкий Ме 262. В декабре 1947 г. были закончены все испытания, на которых была достигнута максимальная скорость 885 км/ч на высоте 8000 м. Но в серии Су-9, несмотря на хорошие рекомендации, запущен не был.

Среди проектов самолетов, так и оставшихся на бумаге, стоит отметить первый отечественный реактивный бомбардировщик РБ-17, разрабатывавшийся в ОКБ В.М. Мясищева. По своей идеологии четырехмоторный РБ-17 являлся продолжением поршневого бомбардировщика Пе-2И "Москито" с ВК-107А. Двигатели должны были располагаться вертикальной спаркой на рамах под крыльями. По расчетам этот бомбардировщик должен был иметь максимальную скорость полета 900 км/ч и крейсерскую 800 км/ч. Эскизный проект был рассмотрен и одобрен высшими руководителями авиапрома в апреле 1946 г. Однако той же весной ОКБ Мясищева было ликвидировано, коллектив и научно-техническая база переданы в ОКБ С.В. Ильюшина, а сам Мясищев был уволен из авиационной промышленности. Естественно, одновременно с этим был закрыт и проект РБ-17.

Двигатель РД-10 был далеко не совершенен, но его быстрое освоение в серийном производстве и принятие на вооружение первых советских реактивных самолетов позволили за один-два года значительно сократить разрыв в отставании от США и Англии. Летчики, привыкшие "чувствовать" поршневые самолеты,



Схема МиГ-15 с двигателем Nene I



Установка двигателя Nene I на первом опытном самолете С-1 (МиГ-15)



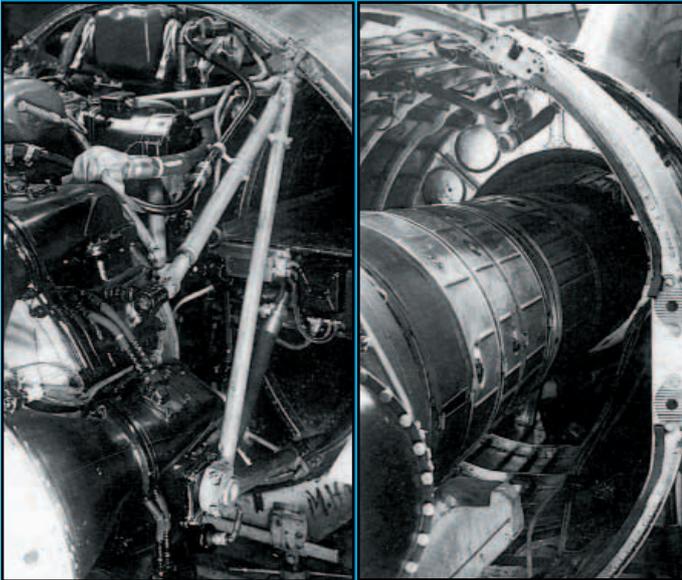
Самолет Ла-15 - соперник МиГа



А.И. Микоян (в центре) и В.Я. Климов (слева) на английском аэродроме, 1947 г.



Истребитель Як-23 с двигателем РД-500



Установка двигателя Nene в фюзеляже МиГ-15



Истребитель МиГ-15бис с подвесными баками

поначалу не знали, как подойти к новой, незнакомой технике, но благодаря тому, что Як-15 и Як-17 были, в принципе, развитием хорошо известного истребителя Як-3, они быстро переучивались и уже внутренне и технически были готовы к освоению реактивных самолетов второго поколения.

И они не заставили себя ждать...

26 июня 1946 г. в Ленинграде на площадях бывшего авиадвигателестроительного завода № 234 было организовано ОКБ-117 "...по созданию новых образцов авиационных моторов, реактивных и газотурбинных двигателей...". Главным конструктором был назначен Владимир Яковлевич Климов, заместителем - Сергей Петрович Изотов, работавший до того в Уфе заместителем начальника серийно-конструкторского отдела.

В конце 1946 г. Климов вместе с Микояном был командирован в Англию в качестве Председателя Государственной комиссии по закупке на фирме Rolls-Royce турбореактивных двигателей Derwent и Nene, которые были наиболее совершенными из тех, какими располагала мировая авиационная техника на тот момент.

Английские двигатели с поразительной быстротой: к концу 1947 г. были построены, испытаны и запущены в серийное производство двигатели Nene I и Nene II под индексами РД-45 и РД-45Ф, соответственно, на заводе № 45 (ныне Машиностроительное производственное объединение "Салют"), а двигатели Derwent V под индексом РД-500 - на заводе № 500 (ныне ОАО "Московское машиностроительное предприятие им. В.В. Чернышева"). В даль-

нейшем эти двигатели производились на многих двигателестроительных предприятиях страны.

Параллельно с руководством ОКБ-117 с февраля 1947 г. по июнь 1956 г. Климов возглавлял ОКБ завода № 45 (ныне Машиностроительное конструкторское бюро "Гранит"), его заместителем был Н.Г. Мецхваришвили, после ухода Климова ставший главным конструктором ОКБ-45. Главным конструктором завода № 500 был В.М. Яковлев. Климову приказом министра авиационной промышленности от 27 февраля 1947 г. было поручено объединенное руководство по составлению чертежей двигателей РД-45 и РД-500. Непосредственное руководство по двигателю РД-500 возлагалось на Яковлева. К концу 1947 г. все вопросы, требовавшие объединенного руководства Климова, а именно, вопросы применения материалов, технические требования на агрегаты, полуфабрикаты и проч., были решены. По этой причине Климов обратился к министру М.В. Хруничеву с просьбой об освобождении его от работы, связанной с двигателем РД-500, чтобы сконцентрироваться на двигателях РД-45, ВК-1 и ВК-2.

С середины 1946 г., т.е. еще до закупки и поставки английских двигателей в СССР, в ОКБ Климова уже шла работа по изготовлению чертежей двигателя Nene, который был выбран в качестве прототипа для создания более мощного отечественного двигателя ВК-1. Единственным материалом, имевшимся в распоряжении конструкторов, были довольно скудные сообщения в журналах и одна (!) фотография продольного разреза двигателя. Когда чертежи были готовы, из Англии прибыли закупленные двигатели. В ОКБ-45 была произведена разборка и разрезка этих двигателей, а также сняты все размеры деталей. РД-45 представлял собой точную копию Nene. Климов категорически запрещал делать какие-либо отступления, "улучшения" как в чертежах, так и при выборе материалов. В выпуске чертежей двигателя РД-45 участвовали многие ленинградские конструкторы.

По конструкции двигателя РД-45, РД-45Ф и РД-500 - одинаковые с одноступенчатым центробежным двухсторонним компрессором, девятью индивидуальными трубчатыми камерами сгорания, одноступенчатой турбиной и выхлопной трубой с реактивным насадком.

Двигатели РД-45 и РД-45Ф конструктивно отличались друг от друга в основном тем, что первый двигатель имел корпус газосборника сварной конструкции, а второй - литой, что позволило не только уменьшить его массу, но и увеличить тягу с 2040 до 2270 кгс. Двигатель РД-500 имел несколько меньшие размеры, его тяга равнялась 1590 кгс.

Появление этих двигателей позволило приступить к созданию в СССР реактивных истребителей второго поколения. Совет Министров своим постановлением от 11 марта 1947 г. утвердил план опытного строительства самолетов на текущий год, в соответствии с которым ОКБ Микояна и ОКБ Лавочкина предписывалось разработать фронтные истребители под двигатели Nene, а ОКБ Яковлева - под двигатели Derwent V.

До лета 1947 г. работы над самолетами МиГ-15 и "168" шли практически параллельно, но неожиданно возникли проблемы с поставками двигателей Nene. Их серийное производство в Англии только разворачивалось, они еще даже не начали поступать в Королевские ВВС. Соответственно, на несколько месяцев задерживались и их поставки, к тому же было опасение, что они вообще могут не состояться - начиналась холодная война. В то же время двигатели Derwent V уже стали поступать в СССР.

В сложившейся ситуации Микоян решил рискнуть и поставил "долгожданные" Nene I на первый прототип МиГ-15, а Nene II - на второй. Лавочкин же, подстраховавшись, принял решение спроектировать истребитель Ла-15 - уменьшенную копию "168-го", но с двигателями Derwent V. Впоследствии это решение оказалось для ОКБ Лавочкина роковым.

Будущий Ла-15, отодвинувший "168" на второй план, построили первым, он раньше прошел заводские и государственные испытания, был запущен в серию и перекрыл дорогу в массовое произ-



Истребитель МиГ-15бис с двумя неуправляемыми реактивными снарядами С-21

водство "168-му", наиболее совершенному советскому истребителю тех лет (во время испытаний в 1948-1949 годах он показал гораздо лучшие данные, чем МиГ-15: максимальная скорость получилась равной 1084 км/ч). В дальнейшем, когда была принята концепция "единого фронтового истребителя" (которым стал МиГ-15бис), серийный выпуск Ла-15 прекратили, а ОКБ Лавочкина оказалось "не у дел". Двигатели с Ла-15 были сняты и установлены на самолеты-снаряды "КС".

Риск Микояна оправдался. Первые полеты опытные МиГ-15 совершили в декабре 1947 г. - апреле 1948 г. В марте 1948 г. вышло постановление правительства о начале серийного производства МиГ-15 с двигателями РД-45. Государственные испытания МиГ-15 прошел летом 1948 г. По максимальной скорости, скороподъемности, потолку и дальности полета он являлся лучшим из испытанных на тот момент в НИИ ВВС отечественных истребителей. При этом основные летные данные не только удовлетворяли тактико-техническим требованиям, но и превосходили их. На высоте 10 000 м скорость самолета составила 983 км/ч, на высоте 5000 м - 1028 км/ч, на высоте 2620 м - 1042 км/ч. Набор высоты 5000 м осуществлялся за 2,3 мин вместо требуемых 3,2 мин, на набор высоты 10 000 м требовалось всего 5,9 мин. Значение максимальной дальности полета на высоте 10 000 м было превышено на 195 км, а практического потолка - на 2200 м (15 200 м).

Летчики высоко оценили новую машину: "Самолет МиГ-15 по своим летным и боевым качествам является одним из лучших современных реактивных истребителей". Еще больше был доволен инженерно-технический состав: "Наземная эксплуатация самолета МиГ-15 с двигателями РД-45Ф проще, чем эксплуатация реактивного самолета Як-17 и поршневых самолетов Ла-9 и Як-9". Благодаря высоким боевым качествам и неприхотливости

в эксплуатации летчики прозвали МиГ-15 "самолетом-солдатом". Свой послужной список он открыл в период Корейской войны. МиГ-15 экспортировался в дружественные СССР страны, производился по лицензии в Польше и Чехословакии. Истребитель МиГ-15 стал прародителем целого семейства, включавшего знаменитые МиГ-15бис и МиГ-17.

ОБЪЕМЫ ВЫПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ РД-500, РД-45 И ВК-1														
Завод	Тип двигателя	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
16	РД-500		301											
	ВК-1				55	390								
19	ВК-1А					422	506							
	ВК-1						44	955						
24	ВК-1			761	3088	598								
	ВК-1А					2123	2843	2596						
	РД-45		234	1706										
26	РД-45Ф				1175	993								
	ВК-1				658	136								
	ВК-1А					1266	3517	3885						
45	РД-45	154	1172	15										
	ВК-1		11	1724	3276	114								
	ВК-1А					3332	3648	1586	2982	1119	699	353	220	75
478	ВК-1Ф						40	1753	932	486	403	202	162	
	РД-45Ф						515	1401	1039	479	429	101		
	РД-500											595		
500	РД-500	97	462	608	83									
	ВК-1			50	971	186								
	ВК-1А					771	1061	602						
	Всего	251	2181	4864	9306	10331	12174	12778	4953	2084	1531	1251	382	75

Итого - 62 161 двигатель, из них 2346 РД-500

Двигатели РД-45 и РД-500 устанавливались на многих опытных машинах, разработанных ОКБ Яковлева, Туполева, Ильюшина, Сухого и других главных конструкторов в конце 40-х годов. Самолеты с двигателями РД-500 (Ла-15, Як-23, Як-25 и др.) развития не получили. Машинам, построенным под двигатели РД-45 (МиГ-15, Ил-28, Ту-14), повезло гораздо больше. Они имели яркую и долгую жизнь благодаря отечественным двигателям ВК-1, разработанным в ОКБ Климова на базе РД-45.

(Продолжение следует.)

DIGEST

V.Ya. Klimov's Design Bureau launched the development of turbojet engines in 1945 when it was located in Ufa. By order of People's Commissariat of Aviation Industry, the design bureau received German turbojet engines - Jumo 004B1 as spoils of war. Developed on their basis RD-10 engines powered Russian first jet fighters of A.S. Yakovlev's, S.A. Lavochkin's and P.O. Sukhoi's Design Bureaus. At the end of 1946, V.Ya. Klimov was sent on mission to the UK to acquire a license for manufacturing of the most advanced Rolls-Royce's Derwent and Nene turbojets. By the end of 1947, within a surprisingly short-time period, they had been designed, manufactured, tested and put into series production as RD-500 and RD-45 engines. V.Ya. Klimov's Design Bureau played an important role in their fate. The RD-45 and its VK-1 modification were installed on well-known MiG-15 fighters and Il-28 bombers.

VK ENGINES: FROM THE FIRST TO THE TENTH



SNECMA

ВETERАН ФРАНЦУЗСКОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

Жак Виллен,
руководитель отдела внешних
связей компании SNECMA

Компания SNECMA была создана в 1945 г., спустя всего несколько недель после окончания военных действий в Европе. Под этим наименованием объединились несколько моторостроительных фирм, большинство из которых сформировалось еще в начале XX века, одновременно с зарождением самой авиации. Это такие предприятия, как "Гном и Рон", "Испано-Сюэца", "Рено", "Лоррен", поглотившие, в свою очередь, несколько других двигателестроительных предприятий в 20-е и 30-е годы XX века. Поэтому SNECMA сегодня имеет право с гордостью называть себя одной из старейших в мире моторостроительных компаний. А с 1997 г. она включила в себя и космическое подразделение, слившись с компанией SEP (Европейским обществом по производству двигателей), ведущим разработчиком двигателей для носителей "Ариан" и французских баллистических ракет.

1905 - 1920 гг.: ротативные двигатели

Моторостроительная фирма "Гном" была основана инженером Луи Сегеном в 1905 г. На первых порах персонал фирмы не превышал 50 человек, а ее стартовый капитал составлял 600 000 франков. Производственные цеха, расположенные в Женевильерсе, занимали всего 200 м².

До этого небольшая мастерская Сегена занималась изготовлением одноцилиндровых бензиновых автомобильных двигателей по лицензии немецкой фирмы "Оберурсел Моторен". Накопив определенный опыт, Луи совместно с братом Лораном разработал авиационный ротативный звездообразный мотор, нашедший широкое применение на различных французских самолетах. Важнейшей особенностью ротативного двигателя является неподвижный коленчатый вал, в то время как цилиндры вращаются вместе с винтом. На раннем этапе развития авиации такая схема обеспечивала определенные преимущества, поскольку полностью снимала проблему охлаждения.

В 1915 г. фирма "Гном" объединилась с моторостроительной компанией "Рон", основанной инженером Луи Верде. Так образовалась компания "Гном и Рон", просуществовавшая до 1945 г. В Париже на бульваре Каллерман она располагала собственным заводом. В годы Первой мировой войны "Гном и Рон" производила одно- и двухрядные звездообразные двигатели мощностью от 50 до 150 л.с. Этими моторами оснащались не только французские самолеты ("Кодрон", "Моран", "Спад" и др.), но и английские, итальянские, русские (и даже немецкие, по довоенным лицензиям). За годы войны французские моторостроители выпустили более 100 000 двигателей, в два с половиной раза больше по сравнению с их германскими коллегами.

Деятельность "Гном и Рон" способствовала становлению авиационного моторостроения в других странах - союзницах Франции. Так, в 1912 г. в Москве на Николаевской улице вошел в

строй завод, осуществлявший лицензионный выпуск "Гномов". После революции предприятие было национализировано, а затем превратилось в ныне широко известный двигателестроительный завод "Салют".

После окончания войны у "Гном и Рон" возникли определенные трудности, связанные со значительным сокращением военного заказа. Кроме того, и ротативный двигатель достиг своего технического потолка, поскольку его предельная мощность не превышала 200 л.с. Стремясь поддержать уровень производства, компания расширила поле своей деятельности, начав выпускать рамы и двигатели для автомобилей, холодильники, швейные машинки и, главным образом, мотоциклы. Но очень быстро производство всей этой "конверсионной" продукции прекратилось, за исключением выпуска мотоциклов.

1921-1940 гг.: мощные звездообразные двигатели

В 1921 г. "Гном и Рон" приступила к наращиванию производства, купив у английской компании "Бристоль" лицензию на выпуск звездообразного двигателя воздушного охлаждения "Юпитер" мощностью 500 л.с. Двигатель производился в нескольких модификациях, предназначенных для военных и гражданских самолетов, как французских ("Спад", "Девуатин", "Бреге", "Фарман", "Потез" и др.), так и голландских ("Фоккер"), немецких ("Юнкерс", "Дорнье", "Хейнкель"), итальянских ("Пьяджо") и советских (И-5). После смерти Луи Сегена "Гном и Рон" возглавил опытный инженер-производственник Поль-Луи Вейллер, руководивший компанией с 1922 по 1940 гг. В годы Первой мировой войны Вейллер был военным летчиком; в боях он получил несколько ранений, заслужил множество боевых наград, а в 1918 г. в возрасте 25 лет стал майором.

Под руководством Вейллера дела "Гном и Рон" пошли в гору. Он сумел внедрить в производство новейшие технологии, совре-

менные методы проектирования и отладки моторов. Акции фирмы на Парижской бирже значительно поднялись в цене. Вейллер использовал все возможности, включая издание быстро ставшего популярным журнала "Небо без границ". На его страницах сугубо технические статьи органично сочетались с произведениями видных французских литераторов.

В начале тридцатых годов совершенствование авиатехники существенно ускорилося. Самолетостроителям потребовались моторы мощностью свыше 500 л.с., обладающие существенно лучшими удельными показателями. "Гном и Рон" наладила производство семейства однорядных и двухрядных звездообразных двигателей с 5, 7, 9 и 14 цилиндрами. Самым мощным из них в 1932 г. являлся мотор 14 К мощностью 725 л.с. Он оказался очень удачным; накануне Второй мировой войны 14 стран, в том числе и СССР, закупили лицензии на его производство. В Советском Союзе на базе 14 К была создана серия моторов М-85 - М-89, которыми оснащались строящиеся большими сериями бомбардировщики ДБ-3, Су-2 и Ил-4.

В 1937 г. большая часть французских предприятий, производивших боевую технику и оружие, была национализирована. Компании "Гном и Рон" удалось избежать национализации, но государство стало совладельцем предприятия. Военно-политическая ситуация в Европе стремительно обострялась, дело явно шло к войне. В 1938 г. "Гном и Рон" активно принимала участие в перевооружении французских ВВС, ее двигателями оснащались истребители МВ-152 и средние бомбардировщики LeO-350. Правительство Франции приняло решение о передаче предприятий

мировыми войнами "Испано-Сюиза" сумела разработать очень удачный 12-цилиндровый V-образный мотор HS-12Y, который устанавливался на истребителях MS-406 и D-520. В 1937 г. французское правительство приобрело часть акций фирмы, тем самым повывис "управляемость" ею со стороны государства.

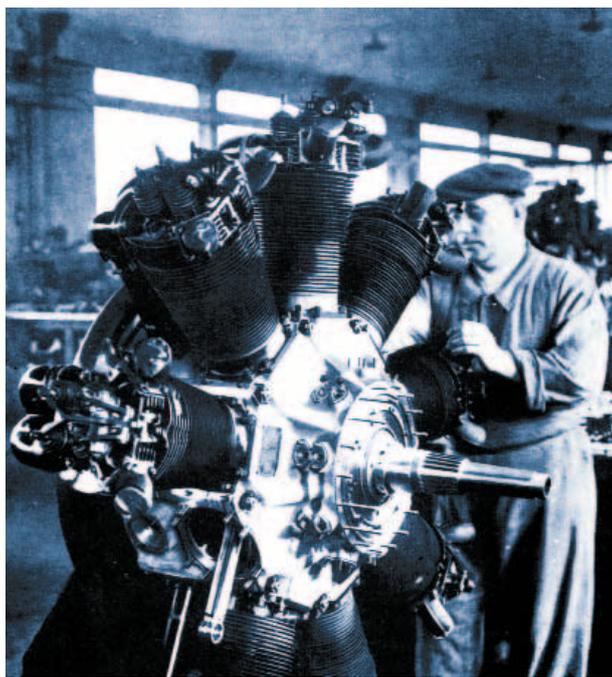
Как и другие моторостроительные фирмы, "Испано-Сюиза" продавала свои лицензии за рубеж и, в частности, в Советский Союз. Здесь двигатель HS-12Ycrs был сначала воспроизведен под названием М-100, а затем получил дальнейшее развитие в серии моторов М-103 - М-107А, которыми оснащались массовые советские истребители "Як", "ЛаГГ" и бомбардировщики СБ, Пе-2 и Ер-2. Общее число выпущенных в СССР авиационных двигателей, имевших "французские корни", превысило 100 000 единиц.

1940-1944 гг.: период оккупации

С момента поражения Франции в июне 1940 г. и до середины 1944 г. "Гном и Рон" и "Испано-Сюиза", как и вся французская промышленность, были вынуждены работать на немецких оккупантов. "Гном и Рон" продолжала выпуск собственной продукции (моторы 14 N, 14 M и 14 R) и, кроме того, изготовляла моторы BMW и их агрегаты. Поль-Луи Вейллер, ставший участником организации "Свободная Франция", был арестован правительством Виши; в компанию он уже не вернулся. Администрации "Гном и Рон" приходилось отчаянно балансировать между требованиями оккупационных властей и настроениями сотрудников. Немцы болезненно реагировали на неоднократные акты саботажа; на заводы то и дело сыпались бомбы союзников; французское Сопро-



Луи и Лоран Сеген



Сборка лицензионного мотора Бристоль "Юпитер"



Поль-Луи Вейллер

авиастроительной компании "Буазен" в состав фирмы "Гном и Рон". Предпринимаются огромные усилия по форсированию производства авиационных моторов. Так, в мае 1940 г. компания сумела изготовить 1000 двигателей против 225, произведенных в сентябре 1939 г. Следует подчеркнуть, что накануне Второй мировой войны только компания "Гном и Рон" и ее конкурент - фирма "Испано-Сюиза" - занимались во Франции серийным производством моторов мощностью более 1000 л.с.

Коль скоро речь зашла об "Испано-Сюизе", следует кратко напомнить ее историю. Появившись на свет в 1911 г., эта компания, подобно фирмам "Рено" и "Лоррен", занялась разработкой рядных двигателей. Расцвет деятельности "Испано-Сюизы" пришелся на годы Первой мировой войны. Произведенными ею двигателями оснащались истребители "Спад", на которых летал, к примеру, известнейший французский ас Гинемер. В период между

тивление и правительственные спецслужбы обменивались ударами. Остро стояла проблема спасения работников, подлежавших принудительной отправке на работы в Германию... Все эти обстоятельства не способствовали высокой производительности, поэтому в период оккупации среднемесячный объем производства "Гном и Рон" не превышал 200 моторов.

В 1941 г. правительство Виши передало "Гном и Рон" завод фирмы SNCM, бывшей "Компанией по производству моторов и автомобилей "Лоррен", национализированной в 1937 г. Дальнейшее расширение компании в 1942 г. произошло за счет завода в Лиможе, занимавшегося наряду с моторостроением другими секретными разработками.

В 1944 г., к моменту освобождения Парижа, "Гном и Рон" располагала первоклассным персоналом (около 15 000 человек). В то же время компания утратила значительную долю про-

изводственных мощностей в связи с тем, что немцы вывезли часть станков и оборудования в Германию. Большинство заводов компании получило повреждения при бомбардировках. Тем не менее, производство возобновилось почти сразу после ухода немцев. На первых порах важнейшей задачей являлся ремонт американских танков "Шерман".

С окончанием войны объемы военных заказов резко сократились, что вынудило компанию заняться новыми видами деятельности. Она стала выпускать тракторы, молочные сепараторы, автоклавы, автоматы и прочую продукцию. Возобновилось и производство мотоциклов. Освобождение было сопряжено с "чисткой" руководящего состава; правда, в большинстве случаев дела прекращались из-за отсутствия состава преступления.

В области авиационного двигателестроения период оккупации обусловил значительное техническое отставание Франции от союзников. В стране совершенно не велись работы по созданию

сколькую большая часть самолетного парка Франции состояла из машин импортного, в основном американского, производства. SNECMA была вынуждена пойти на коренную реорганизацию производства, закрытие части старых заводов наряду с вводом новых промышленных мощностей. Кроме того, на новом месте, в Виллароше, был развернут новый исследовательский и конструкторский центр.

Двигатели для военных самолетов

С появлением реактивных двигателей для военной авиации началась новая эра моторостроения. Подобно Соединенным Штатам, Великобритании и Советскому Союзу, Франция постаралась воспользоваться немецкими "ноу-хау" в этой области. В 1946 г. в Германии во французской оккупационной зоне, на берегу озера Констанс, была создана "Авиамастерская Рикенбах", где собрали около 120 немецких инженеров-конструкто-



Производство двигателей М 53



Цех сборки истребителей "Мираж" 2000

реактивных двигателей, хотя перед самой войной французская фирма "Рато", занимавшаяся изготовлением паровых турбин, производила исследования по этой тематике. Французское двигателестроение отставало и во внедрении передовых промышленных методов, позволивших, например, Соединенным Штатам выпустить за годы войны более 800 000 авиамоторов.

1945 г. - национализация и появление фирмы SNECMA

В силу разных причин, в том числе и из-за прозвучавших в адрес компании обвинений в сотрудничестве с германской военной машиной, 29 мая 1945 г. французское правительство издало указ о национализации "Гном и Рон" и создании новой фирмы - SNECMA ("Национальная компания по разработке и внедрению авиамоторов"), призванной объединить почти все существовавшие авиационные двигателестроительные предприятия Франции. Строго говоря, национализация не ликвидировала "Гном и Рон"; компания просто сменила акционеров, ведущее место среди которых заняло государство.

Первые послевоенные годы были для компании нелегкими. Спрос на классические поршневые моторы заметно упал, по-

ров, работавших прежде на фирме BMW во главе с доктором Г. Ойстрихом. Позднее эти специалисты на правах "группы О" влились в состав французского коллектива SNECMA. Совместными усилиями немецких и французских конструкторов был создан турбореактивный двигатель ATAR. Название реактивного первенца компании SNECMA представляет собой аббревиатуру "Авиамастерская Рикенбах".

Реактивные двигатели семейства ATAR получили широкое распространение во французской военной авиации. Ими оснащались боевые самолеты "Мистер", "Супер-Мистер", "Вотур", "Этандар", "Мираж" III, IV и V. Усовершенствованная модель двигателя 9K50 устанавливалась на реактивный истребитель "Мираж" F1, который был принят на вооружение не только во Франции, но и в ряде других стран. Современные военные двухконтурные двигатели М 53 (для "Миража" 2000) и М 88 (для "Рафал") также ведут свою родословную от ATAR.

В 70-е годы фирмы SNECMA и "Турбомека" объединили свои усилия с целью создания двигателя Larzac, предназначенного для учебно-боевых самолетов "Альфа Джет". Помимо ВВС Франции и Германии эти машины получили широкое распространение в во-

енной авиации других государств. Новая, более совершенная версия двигателя Larzac тягой 1350 кгс устанавливается на российском учебно-тренировочном самолете МиГ-АТ.

Двигатели для гражданской авиации

В области гражданского моторостроения развивались, в основном, два крупных направления:

- в сотрудничестве с британской фирмой "Бристоль Сидли" в 60-е и 70-е годы был создан двигатель "Олимпус-593", предназначенный для сверхзвукового пассажирского лайнера "Конкорд". Благодаря этому двигателю стал возможен перелет из Парижа в Нью-Йорк всего за 3 часа;

- в кооперации с "Дженерал Электрик", осуществлявшейся через совместное отделение CFMI, был начат выпуск мощных двигателей для больших дозвуковых пассажирских и грузовых самолетов. Сотрудничество в этой области вылилось в выдаю-

для тактических ракет "Супер" 530D и "Мистраль"), а двигатели малой тяги для космоса, как на химическом топливе, так и плазменные, изготавливаются в Мелун-Виллароше.

В настоящее время отделение SEP в Верноне производит следующие ЖРД:

- "Викинг" 4, 5 и 6 для первой и второй ступеней ракеты-носителя "Ариан-4", а также для жидкостных ускорителей. Эти двигатели используют в качестве топлива несимметричный диметилгидразин и азотный тетроксид;

- криогенный (водород-кислородный) двигатель HM7 для третьей ступени "Ариан-4";

- криогенный двигатель "Вулкан" для "Ариан-5" и усовершенствованный "Вулкан" 2 для модернизированного варианта этой ракеты-носителя.

По состоянию на 1 июня 1997 г. вернонское отделение SEP изготовило 853 двигателя "Викинг", наработавших в общей слож-



Готовая продукция: ЖРД "Викинг" 4



Самолет А 340 с моторами CFM 56

щийся технологический и коммерческий успех. В 1999 г. был изготовлен десятитысячный двигатель CFM. Сегодня двигателями серии CFM оснащаются множество самолетов. Так, CFM 56-2 сумел обеспечить вторую жизнь для, казалось бы, устаревших DC-8, этот двигатель устанавливается также на самолетах-заправщиках C-135R, принадлежащих французским ВВС. Двигателями CFM 56-3 оснащаются машины семейства "Боинг-737", а CFM 56-5 поднимает в небо "Аэробус" А 320. Отделение CFMI является мировым лидером в производстве моторов для лайнеров вместимостью свыше 100 мест.

Ракетные двигатели

С 1997 г. фирма SEP, европейский лидер в области ракетного моторостроения, входит в состав компании SNECMA, которая вследствие этого является отныне ведущим разработчиком ракетных двигателей на высококипящих и криогенных компонентах.

Производство жидкостных двигателей большой тяги организовано в Верноне, твердотопливными двигателями и композиционными материалами занимается предприятие в Бордо (ТРДД для баллистических ракет морского базирования М4 и М51, а также

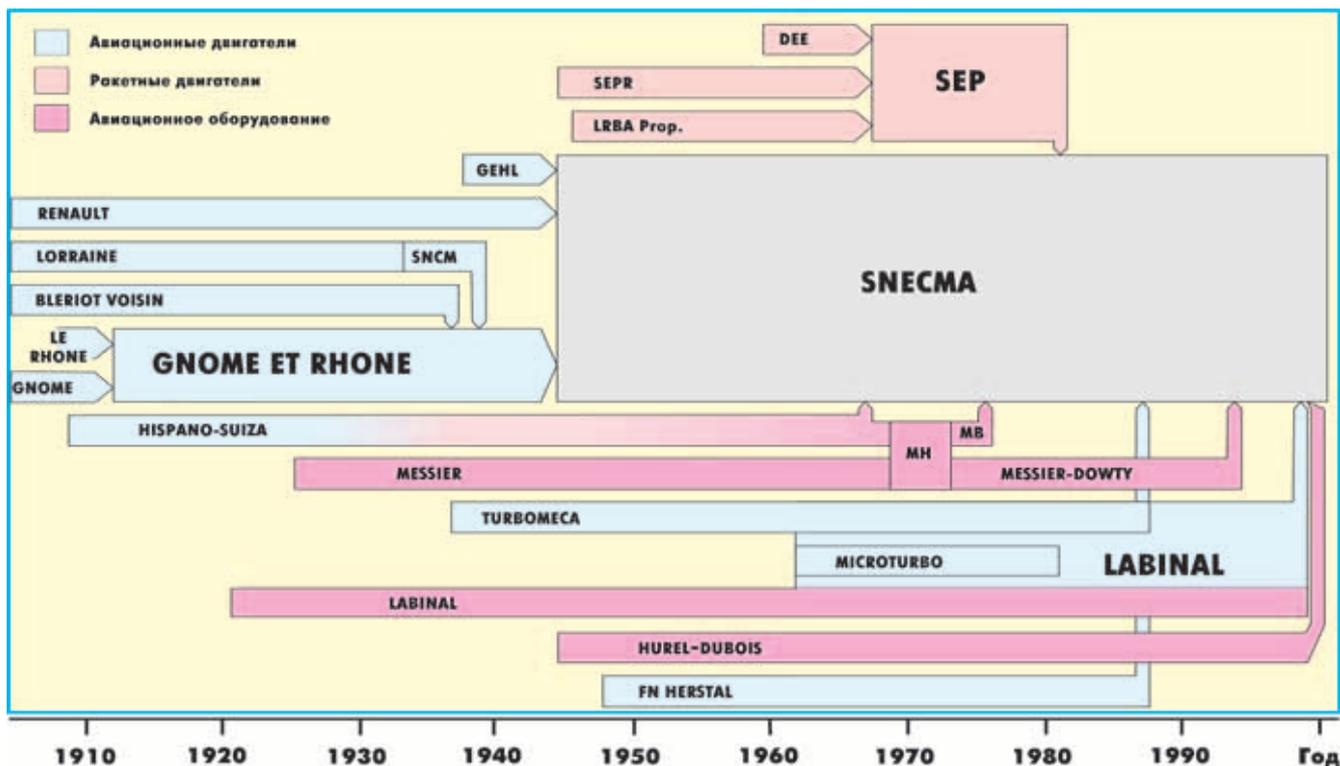
ности 143 400 с, в том числе более 96 000 с в полете. В апреле того же года была изготовлена сотая ракета типа "Ариан". Показатели криогенного двигателя HM7 внушают уважение: на 1 июня 1997 г. изготовлены 132 единицы, наработавшие 205 000 с, в том числе 64 000 с - в полете.

SNECMA сегодня

На рубеже тысячелетий компания SNECMA представляет собой объединение по производству авиационных и ракетных двигателей и оборудования. Она занимает четвертое место среди моторостроительных фирм Запада и первое место в Европе. Номенклатура выпускаемых ею двигателей охватывает область тяги от 8 гс до 660 тс. Что касается авиационных агрегатов, то здесь объединение является мировым лидером по производству шасси, а в Европе занимает ведущую позицию по выпуску тормозных устройств. Годовой оборот компании составляет около \$5 млрд. Объем экспортируемой продукции равен 71 %, а доля гражданского и коммерческого сектора в ее деятельности достигает 85 %.

Компания SNECMA отличает успешность ее сотрудничества с другими фирмами. Совместная деятельность с "Дженерал

ГЕНЕАЛОГИЧЕСКОЕ ДРЕВО КОМПАНИИ SNECMA

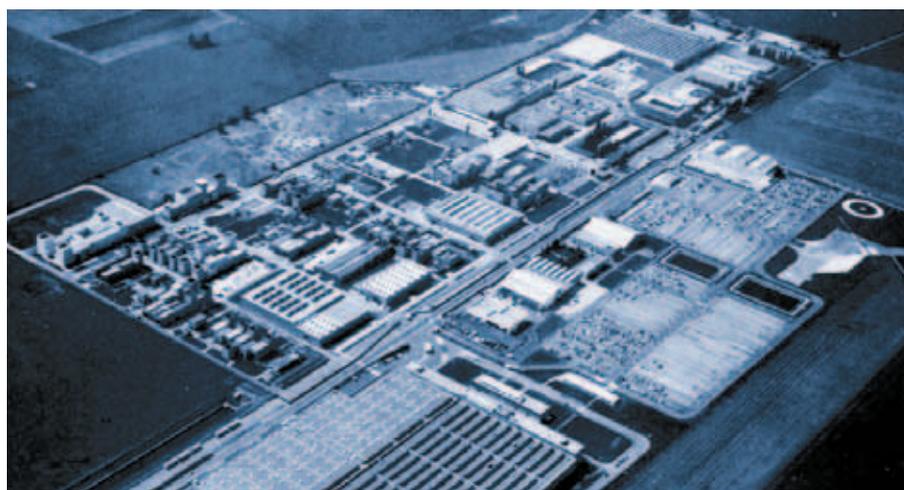


Электрик" в области авиадвигателей продолжается вот уже более 26 лет. Сотрудничество с европейскими фирмами - создателями ракетных двигателей началось свыше 30 лет назад и успешно развивается в наши дни. Так, только по программе двигателя "Вулкан" для носителя "Ариан-5" компания SNECMA взаимодействует более чем с 40 фирмами из 12 европейских государств.

В 1991 г. SNECMA открыла свое постоянное представительство в Российской Федерации. В последние годы расширяется ее сотрудничество с российскими производителями авиационных двигателей и оборудования, такими как "Рыбинские моторы", "Салют", ОКБ им. В.Я. Климова, "Союз", СНТК им. Н.Д. Кузнецова, ЭГА, "Энергомаш", воронежское КБХА, "Факел", а также с научно-исследовательскими учреждениями, среди которых ВИАМ, ЦИАМ, НИИМаш, МАИ и ЦАГИ.

Технологичность и экономическую привлекательность, надежность в отношениях с партнерами - вот что предлагает сегодня компания SNECMA своим клиентам и партнерам, как настоящим, так и будущим.

Эти качества являются результатом длительной и насыщенной событиями истории развития компании SNECMA. Наши надежды на будущее связаны с тем, что мы сумеем разделить эти достижения с нашими российскими партнерами и обогатить их к взаимной выгоде сторон.

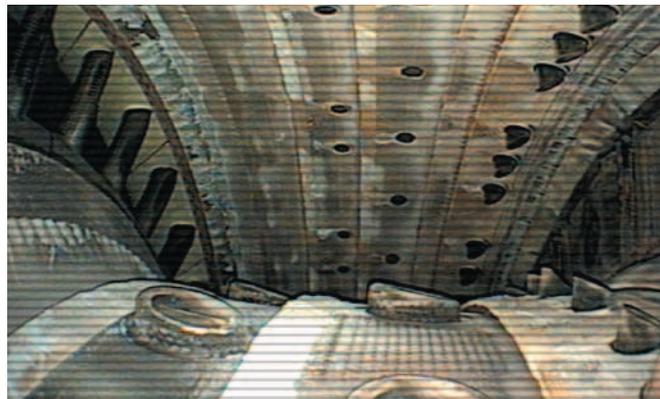


Двигателестроительный комплекс в Виллароше



ПРИШЕЛ, УВИДЕЛ, ...

Человек любопытен, зачастую ему хочется увидеть то, что в обычной жизни увидеть невозможно или крайне затруднительно. Так он придумал линзу, затем микроскоп, телескоп и прочую оптику. А вскоре любопытство сменялось необходимостью "подглядывать".



Принцип эндоскопического контроля прост - "длинный глаз" позволяет осматривать внутренние узлы машин без их демонтажа и разборки - через технологические отверстия в корпусе с минимальным объемом подготовительных работ. Эндоскопия как разновидность визуального контроля включена в международные нормативные документы по неразрушающему контролю, в бюллетени и руководства по эксплуатации силовых установок в авиации, на флоте и в энергетике. Эндоскопия удачно дополняет такие методы диагностики, как параметрический контроль и анализ масла, а в некоторых случаях является единственно возможным средством неразрушающего контроля в эксплуатации и производстве. В настоящее время все без исключения крупнейшие зарубежные и отечественные авиакомпании, ремонтно-эксплуатационные центры и, конечно, фирмы-производители газотурбинных силовых установок располагают эндоскопической техникой марки "Олимпас".

Типы выявляемых дефектов зависят от вида контроля и назначения контролируемого устройства. Например, при эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей определяют наличие и размеры забоин на лопатках ротора и статора, усталостных и термических трещин, обгаров и прогаров, очагов коррозии, дефектов внутренних покрытий, износ поверхностей трения, правильность сборки, целостность внутреннего крепежа, отсутствие посторонних предметов и т.д.

Первые эндоскопы "Олимпас" появились в СССР в начале 70-х годов и внесли свой вклад в развитие отечественной авиации. Передовые авиационные державы при разработке всех без исключения газотурбинных двигателей начиная со второго поколения широко применяли эндоскопы этой фирмы, которая уже разработала и предлагает потребителям прибор шестой серии. Одновременно продолжается выпуск эндоскопов и пятой серии. Эндоскопы этих двух серий имеют самый широкий в мире диапазон типоразмеров и характеристик. Помимо просмотра они позволяют документировать полученную информацию в виде фотографических, аналоговых или компьютерных изображений.

В комплект прибора входят собственно эндоскопы (гибкие и жесткие), базовое оборудование для использования либо в автономном варианте, либо совместно с дополнительным оборудованием: видеосистемами, измерительно-регистрационными блоками, эндоскопическим инструментом и пр.

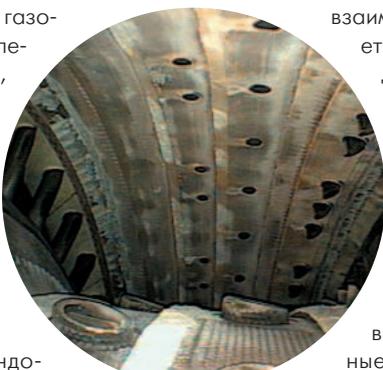
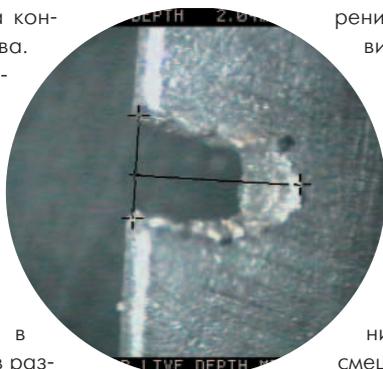
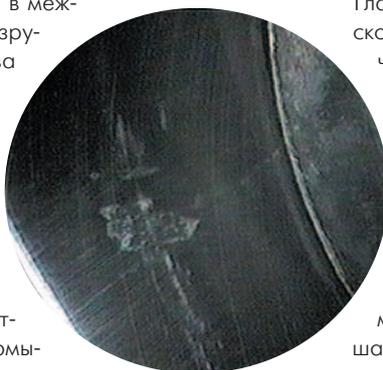
Если видеосистема обеспечивает только просмотр эндоскопического изображения на мониторе, а также его запись и воспроизведение, то измерительно-регистрационные блоки позволяют

сохранять изображение в цифровой форме, определять размеры дефектных областей и создавать компьютерные базы изображений. Основное предназначение эндоскопического инструмента - извлечение инородных предметов.

Главные особенности новейшей шестой серии эндоскопов "Олимпас" - прекрасная оптика, предельная четкость изображения и высокая точность измерений. Но этим список возможностей прибора не исчерпывается. Предлагаются дополнительные функции: дистанционное управление, увеличение формата и контрастности изображений, регулировка яркости и запись речевых комментариев через встроенный в рукоятку микрофон. Всё это в совокупности с улучшенной эргономикой, полной герметичностью и повышенной гибкостью рабочей части эндоскопа повышает удобство работы с эндоскопом и системой в целом.

В отличие от известных методов эндоскопических измерений, предполагающих перпендикулярность линии визирования наблюдаемой области, с помощью эндоскопа "Олимпас" можно работать практически при любом ракурсе, под любым углом наблюдения. Более того, если при обычных методах измерений на область дефекта накладывают сетку или шкалу, то при работе с цифровой измерительной системой "Олимпас" достаточно лишь увидеть сам дефект и обозначить его границы. В цифровой измерительной системе применен принцип бинокулярного зрения. Расстояние до объекта и его размеры определяются по смещению изображений, проецируемых правым и левым объективами на матрицу видеоскопа. Анализируя взаимное расположение проекций, процессор решает тригонометрическую задачу и определяет координаты объекта, а затем и размеры дефекта со средней погрешностью около 3%. Минимально определяемые размеры дефектов - 0,15 мм по любой из трех осей.

Для повторной обработки и анализа эндоскопических изображений на персональном компьютере создано программное обеспечение Inspection Image Manager, позволяющее хранить, архивировать, обрабатывать полученные снимки, производить повторные измерения, а также передавать результаты измерений или отдельные снимки по электронной почте.



**ООО "ОЛИМПАС МОСКВА" -
генеральный дистрибьютор эндоскопической техники в СНГ.**

Тел.: (095) 958-2278, 958-2279.

Факс: (095) 958-2277.

E-mail : dspd@olympus.ton.ru



Рис. 1



Рис. 1а

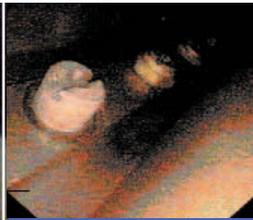


Рис. 2

КАК НЕПРОСТО "ПРОСТО ПОСМОТРЕТЬ"

Для обеспечения надежности и безопасности работы авиадвигателей необходим постоянный контроль за деталями и узлами как при их изготовлении и проведении различных испытаний на заводе, так и в эксплуатации. При этом 70 % требуемых работ приходится на визуальный осмотр.

Григорий Белоусов, начальник лаборатории ГосНИИ ГА
Дмитрий Померанцев, ведущий специалист фирмы "Олимпас"

В связи с тем, что поиск неисправностей газозвукового тракта авиационных ГТД приходится выполнять на уже собранных и, как правило, находящихся на летательном аппарате двигателях, зачастую единственным устройством, позволяющим обнаружить неисправность и определить ее причину, является эндоскоп. Оптико-волоконные эндоскопы как жесткой, так и гибкой конструкции используются, прежде всего, при осмотрах во время специальных работ, выполняемых по техническим указаниям, бюллетеням, инструкциям, при продлении ресурсов по техническому состоянию и т.д. В эксплуатирующих организациях России и других стран СНГ применяются, в основном, технические эндоскопы разработки и производства АО "Точприбор" (Харьков), а также фирмы Olympus (Япония). Следует подчеркнуть, что до недавнего времени АО "Точприбор" являлось практически единственным в СНГ предприятием, серийно производившим широкую номенклатуру гибких и жестких технических эндоскопов для авиации. Эти приборы обеспечивали диагностику большинства выпускавшихся в СССР авиадвигателей, но по ряду параметров существенно уступали зарубежным эндоскопам марки Olympus. Опыт эксплуатации авиационной техники зарубежными авиакомпаниями показывает, что оборудование этой фирмы является наиболее распространенным в мире и составляет около 75 % общего парка авиационных эндоскопов.

Однако, несмотря на кажущуюся простоту визуального осмотра, использование эндоскопов представляет определенную сложность. Дело прежде всего в том, что необходимо не просто посмотреть, а на основании осмотра принять решение о годности двигателя к дальнейшей эксплуатации на самолете, перевозке пассажиров. Стремление снизить расходы авиакомпаний и предприятий-изготовителей из-за досрочных съёмов двигателей привело к необходимости принятия расширенных норм на допустимые эксплуатационные повреждения лопаток компрессора двигателей типа Д-30КУ, -КП, -КУ-154 (при этом располагаемые запасы прочности минимизированы). Выполнение таких работ требует высококачественного визуального контроля пера лопатки. Качество контроля зависит от вида и типа применяемого эндоскопа, наличия обоснованных технологий осмотра и обученного технического персонала. Так, из-за большой длины и существенной кривизны пера лопаток КНД этих двигателей контролер производит осмотр кромок в различных зонах на разных расстояниях от объекта прибора. Вследствие этого масштаб

изображения является переменным, что в большинстве случаев не учитывается при оценке размера дефекта "на глаз". Отсюда возникают большие погрешности не только в оценке размеров дефекта (до 200 %) и определении его координат (до 25...50 %), но и в количестве выявленных повреждений - нередко их выявляется в 2...5 раз меньше, чем имеется. Особенно заметна эта разница при переходе от одной ступени компрессора к другой. Применяющиеся тарифовочные таблицы являются недостаточно точными. К тому же у каждого типа эндоскопов свои технические возможности. Принимая во внимание различные подходы производителей технических эндоскопов к выбору расчетных расстояний, построению оптических схем и других элементов конструкции приборов, можно констатировать весьма сложное положение контролеров авиапредприятий.

На основе опыта ведущих двигателестроительных КБ и заводов, а также научно-исследовательских работ, проведенных в МГТУ ГА, ГосНИИ ГА, НТЦ "Техноавиа", была разработана программа обучения технического состава авиапредприятий гражданской авиации современным методам диагностики двигателей Д-30КУ, -КП, -КУ-154. Этой же программой предусматривается изучение способов локального ремонта (в условиях эксплуатации) проточной части при повреждении ее посторонними предметами.

В статье описывается только небольшая часть тех случаев, которые можно отнести к характерным, т.е. встречающимся достаточно часто. Снимки были сделаны авторами при диагностике двигателей, досрочно снятых с эксплуатации из-за наличия на лопатках компрессора забоин, размеры которых превышают допустимые по Регламенту технического обслуживания (РТЭ).

На рис. 1 и 1а показаны повреждения рабочей лопатки и лопатки направляющего аппарата второй ступени КНД двигателя Д-30КУ-154 (обнаружены после облета самолета при общей наработке двигателя около 400 ч). Отличительной особенностью данных забоин была характерная форма, напоминающая отпечаток шестигранной гайки или головки болта достаточно больших размеров. Тот факт, что не было обнаружено никаких повреждений на рабочих и направляющих лопатках первой ступени КНД, и наоборот, отмечалось увеличение числа забоин на лопатках последующей третьей ступени, позволил высказать предположение, что причина находится внутри двигателя. При осмотре гибким эндоскопом через штатный лючок были замечены царапины на торце внутреннего кольца направ-



Рис. 2



Рис. 3а



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

ляющего аппарата (НА). С помощью гибкого видеоскопа "Олимпас" IV6С5-20 удалось проникнуть в зазор уплотнения между кольцом НА и ротором и детально осмотреть всю внутреннюю полость кольца. Как выяснилось, на одной из цапф лопатки НА отсутствовала гайка (рис. 2), которая и нанесла повреждения двигателю. Исходной же причиной стал заводской дефект, заключающийся в плохой контровке данной гайки.

Другой дефект лопаток направляющего аппарата - усталостное разрушение пера в зоне цапфы - показан на рис. 3 и 3а. На двигателе Д-30КП с наработкой после ремонта 600 ч обнаружены усталостные трещины на трех лопатках НА второй ступени КНД. При этом, две лопатки были расположены рядом, третья - через одну от них. Внимательное рассмотрение характера трещин и их направлений дало основание полагать, что исходной причиной явилось превышение момента затяжки гаек цапф, в результате чего создалось дополнительное напряжение в данной зоне лопатки. Излом имел усталостный характер и сопровождался возникновением одинаковых по форме и характеристикам трещин в комлевой и периферийной зоне лопатки с последующим сдвигом лопатки в направлении ротора, что привело к его разрушению. Диагностика проводилась жестким видеоскопом модели ВЖ415.440.90-90 с блоком цифровой памяти.

На рис. 4 изображены рабочие лопатки второй ступени КНД двигателя Д-30КУ-154 с повреждениями в виде рисок и точечных выпучиваний в районе выходной кромки. Причиной этих повреждений явилось попадание в проточную часть головки одной из заклепок козырька входного направляющего аппарата (рис. 5). Нарботка двигателя после ремонта составляла около 2500 ч. Размеры и форма данных повреждений превышали допуски, указанные в РТЭ, и двигатель был своевременно снят с эксплуатации.

Безусловно, высокая квалификация контролера-эндоскописта имеет решающее значение для определения объективной карти-

ны технического состояния изделия. Но необходимо отметить, что и от качества изображения, создаваемого эндоскопом, в значительной степени зависит вероятность выявления дефектов, скорость проведения осмотра и достоверность диагностики в целом. Зачастую при работе с поврежденным или устаревшим эндоскопом некоторые дефекты просто "выпадают из поля зрения", в прямом смысле этих слов. Например, на рис. 6 изображена жаровая труба камеры сгорания, наблюдаемая через видеоскоп "Олимпас" IV6С6-20, на поверхности которой видны кольцевые трещины по заклепкам, изначально не замеченные контролером при осмотре с помощью другого эндоскопа.

Другой пример из разряда казусов: на рис. 7 изображена проволока, зацепившаяся за входную кромку лопатки направляющего аппарата компрессора, которая первоначально при осмотре неподходящим для этой зоны прибором была принята за трещину лопатки, из-за чего двигатель едва не был досрочно снят с эксплуатации. Отсюда вывод - недопустимо применять для диагностики авиационных двигателей эндоскопы с изображением низкого качества, а также приборы, предназначенные для других отраслей (энергетики, нефтехимии, службы безопасности) и тем более медицинские эндоскопы. Как правило, на применение того или иного осмотрового прибора для конкретной операции на двигателе должно быть разрешение разработчика или изготовителя двигателя, а также ведущего отраслевого института.

Таким образом, используя в эксплуатационной диагностике современные жесткие и гибкие эндоскопы, а особенно видеоскопы с высоким качеством передаваемого изображения, в большинстве случаев можно установить истинную причину дефектов, определить степень их опасности, создавать и пополнять банк данных по эксплуатируемой технике, получать объективную картину текущего технического состояния авиационных двигателей. И самое главное - обеспечить безопасность полетов.

DIGEST

The visual examination covers 70% of the engine component inspection and control. Moreover, as a rule, flaw detection and troubleshooting of a gas flow passage is performed in assembled and installed aircraft engines. The only device of troubleshooting is an optic-fiber endoscope of stiff or flexible structure.

However, despite of apparent simplicity of visual examination, the endoscope application is a rather difficult problem. Because of long length and high sweep of I.p. compressor blades, the inspection of blade edges is performed in various areas at different distances from the device objective lens. As a result, there is low accuracy in determination of flaw dimensions (up to 200%) and locations (up to 25...50%). The reliable diagnostics is possible only with a correct choice of an endoscope and training of a controller - endoscopist.

IT IS NOT SIMPLY TO HAVE A GOOD VISUALIZATION

ЧЕЛОВЕК - ЛЕГЕНДА

"Талант - это страсть". Г. Нейгауз



Лев Берне,
Владимир Перов

Личность Александра Александровича Микулина, академика АН СССР, Героя Социалистического Труда, четырежды лауреата Государственных (Сталинских) премий, генерал-майора инженерно-технической службы, выдающегося генерального конструктора авиационных двигателей, вызывает интерес не только у специалистов. Его самобытный талант, упорство в достижении цели, исключительное умение находить самые оригинальные, эффективные и технологически доступные для промышленности решения - восхищают. Его великолепные организаторские качества внушают уважение. Моторы, созданные под руководством Микулина, подняли в воздух многие десятки тысяч самолетов и вывели в море сотни катеров. Необыкновенная одаренность проявилась и в разносторонности Александра Александровича - на склоне лет он глубоко заинтересовался проблемами оздоровления организма и долголетия, внес в их исследование собственный, необычный для этой области знаний взгляд инженера-механика.

Александр Александрович Микулин родился 2 (14) февраля 1895 г. Отец Микулина - тоже Александр Александрович - был инженером-механиком, окончившим Императорское Московское техническое училище (МВТУ им. Баумана, ныне - МГТУ). Впоследствии он работал во Владимире фабричным инспектором. Потом была Одесса и, наконец, Киев, где отец Микулина служил окружным фабричным инспектором. В этой должности он проявил себя весьма прогрессивным государственным чиновником, отстаивавшим права рабочих, писал на эту тему публицистические статьи, на которые, в частности, ссылался в своих работах В.И. Ленин. Мать Микулина, Вера Егоровна, приходилась родной сестрой Николая Егоровича Жуковского. Детство Александр Микулин-младший провел в усадьбе Жуковского, воспитывался под его влиянием. Страсть к конструированию у Александра проявилась в раннем детстве. Так, он задумал поднимать ведра с водой из колодца с помощью сконструированной и построенной им паровой турбины. При испытаниях под небольшой нагрузкой турбина работала нормально. Однако при попытке форсировать турбину, "поддав пару", конструктора постигла неудача: взорвался котел. Сам изобретатель немного пострадал. Так состоялось первое в его жизни знакомство с турбинным двигателем.

Еще в детстве Александр неплохо освоил немецкий и французский языки. Впоследствии это ему пригодилось: в Киеве Микулин поступил в Екатерининское реальное училище, где преподавание велось в основном на немецком языке. Учился он, в общем, неплохо, но без особого прилежания. Исключение составляла физика. Молодой Микулин любил мастерить, давая выход своей страсти к конструированию. Совершенно случайно он познакомился с немцем Шрайбером, по контракту работавшим водителем и механиком частного автомобиля "Даймлер-Бенц". Благодаря этому знакомству Александр всерьез увлекся изучением автомобильного мотора, помогал перебирать его, научился водить автомобиль. Шрайбер оказался неплохим наставником, доходчиво разъяснив молодому человеку особенности конструкции двигателя внутреннего сгорания (ДВС), не отпугнув в то же время его сложностью.

С этого момента Микулина захватила идея создания мотора собственной конструкции. Он начал набрасывать различные варианты ДВС, а также паровых турбин. Одна из его оригинальных идей оказалась родственной схеме появившегося позднее мотора Ванкеля. Александр даже приступил к практической постройке мотора внутреннего сгорания в физической лаборатории училища. Одна-

ко при этом он нарушил сложившиеся в училище правила, и завершить создание мотора не удалось: все закончилось скандалом.

Наряду с увлечением автомобилем и постройкой собственного мотора Микулину не чуждо было и страстное увлечение спортом: он бегал на коньках, увлекался греблей. С 13 лет он так же страстно каждый месяц влюблялся в очередную девочку из соседней гимназии. До конца дней своих он оставался весьма экспансивным и увлекающимся человеком.

Важной вехой в жизни Микулина стал приезд Н.Е. Жуковского в Киев в конце октября 1908 г. "Отец русской авиации" прочитал в Киевском политехническом институте лекцию о воздухоплавании, о перспективах летательных аппаратов тяжелее воздуха. Вся семья Микулиных встречала Жуковского и присутствовала на лекции, которая прошла с большим успехом. После доклада Жуковский запустил привезенную им из Парижа модель самолета с резиновым моторчиком. В конце зала самолетик, ударившись о колонну, упал, и так случилось, что он оказался в руках гимназиста Игоря Сикорского, будущего знаменитого авиационного конструктора. Александр Микулин направился выручать модель: так он познакомился с Сикорским. Но пока это было мимолетное знакомство. Вернувшись домой, Микулин задумал изготовить подобную модель, построил ее, но она не пожелала нормально летать. Жуковский подсказал Микулину, что причина заключалась в недостаточной площади крыла. Модель Александр переделал, и следующий "летный эксперимент" прошел удачно. Так впервые для него интерес к моторостроению стал переплетаться с интересом к аэродинамике. Желая продемонстрировать свой успех, Микулин принес самолетик в училище. Естественной реакцией стало повальное увлечение постройкой летающих моделей, которое разрослось до городских масштабов. Весной 1909 г. в Киеве состоялась соревнования авиамodelистов, на которых Микулин с изготовленной им моделью, которую он назвал "Воробей", занял... второе место: первое место завоевала модель Сикорского. На соревнованиях Микулин и Сикорский встретились во второй раз и подружились.

Весной 1910 г. в Киев приехал знаменитый в то время авиатор Сергей Уточкин, производивший демонстрационные полеты. Микулин и Сикорский с компанией гимназистов и реалистов присутствовали на первом выступлении Уточкина, а потом Микулин ходил на все до единого полеты авиатора. Однажды в полете из-за отказа магнето на самолете Уточкина заглох мотор. К счастью, все кончилось благополучно. Для повышения надежности работы мотора

Микулин предложил Уточкину дублировать магнето. Тот немедленно реализовал эту простую, но весьма эффективную идею, выказав благодарность Александру. С тех пор магнето дублировались практически на всех авиационных двигателях.

В 1912 г. Микулин окончил реальное училище и поступил в Киевский политехнический институт. Институт ему понравился в первую очередь потому, что имел прекрасные мастерские: литейную, кузницу с небольшим паровым молотом, механический цех с токарными, сверлильными, строгальными и фрезерными станками. Микулин в считанные месяцы освоил и литье, и ковку, и работу на всех станках. Он с энтузиазмом постигал основы технологии производства. Как это пригodiлось ему потом!

Вскоре после начала обучения Александр задумал спроектировать и построить мотор для собственной лодки. Сначала он внимательно изучил всю имеющуюся в институтской библиотеке литературу по лодочным моторам, затем разработал чертежи. В мастерских Микулин самостоятельно отлил картер мотора и винт. Затем выточил поршень и отковал коленчатый вал. Проектируя мотор, Александр рассчитывал использовать готовый карбюратор, но раздобыть его не удалось. Возникла новая идея: сделать мотор бескарбюраторным, с непосредственной подачей топлива в цилиндр. Когда сошел лед, Микулин начал "с ветерком" носиться на моторной лодке по Днепру. Правда, конструкция моторной установки оказалась небезупречной из-за отсутствия топливного насоса: приходилось обычной кружкой непрерывно переливать бензин из нижнего бачка в верхний.

В 1913 г. в Киеве состоялась международная ярмарка сельскохозяйственной техники, одним из организаторов которой являлся отец Микулина. Председателем жюри на соревнования тракторов был приглашен известный специалист по ДВС профессор Николай Романович Бриллинг. Микулин-старший предложил сыну принять участие в качестве судьи на соревнованиях тракторов. Александр фиксировал результаты испытаний гусеничного трактора фирмы "Катерпиллер", единственного, успешно прошедшего все этапы. В ходе соревнований Микулин-младший познакомился с профессором Бриллингом и рассказал ему о своем бескарбюраторном моторе. Бриллинг поинтересовался: "Мотор с форсункой?" Микулин ответил отрицательно, чем сильно заинтересовал профессора. После выяснения особенностей конструкции двигателя Бриллинг предложил Микулину стать студентом ИТУ (позже - МВТУ), но родители не захотели отпускать молодого человека одного в Москву.

Жуковский, звавший, что племянник увлекся моторостроением, также настойчиво приглашал его к себе, поскольку его воздухоплавательному кружку нужен был толковый моторист. Но до поры переезд был отложен. Только после смерти матери Жуковского, когда возникла необходимость кому-либо из родственников перебраться в Москву, чтобы жить рядом с Николаем Егоровичем, нуждавшимся в своеобразной опеке со стороны более прагматичного близкого человека, в семье снова возобновились переговоры о наиболее подходящей кандидатуре. В связи со сложившимися обстоятельствами рациональным решением сочли переезд Микулина-младшего. Но прежде ему следовало окончить второй курс КПИ.

А пока, летом 1913 г., отец Микулина направил сына на время каникул в Ригу на завод, выпускавший одноцилиндровые нефтяные моторы для сельскохозяйственных нужд. Отец считал, что наряду с изучением особенностей производства двигателей Александр сможет оценить свои силы, работая простым подмастерьем. В Риге Микулина-младшего поначалу привлекли к тяжелому малоквалифицированному труду. Но вскоре ему повезло: акционерная компания решила создать вместо громоздкого стационарного мотора, установленного на многотонном бетонном фундаменте, мобильный мотор на транспортировочной тележке. Эту затею чуть было не постигла неудача: опытный образец сотрясали такие вибрации, что он едва не разрушился. Проведенные Микулиным расчеты показали, что причины крылись в дисбалансе мотора. Он тут же разрабо-

тал способ уравнивания и обратился к директору компании. Идея себя вполне оправдала. Директор предложил Микулину должность главного конструктора, но польщенный студент вынужден был все же отказаться и вернуться в институт.

Весной 1914 г. Микулин успешно сдал экзамены за второй курс и получил разрешение на перевод в ИТУ. Вскоре он переехал в Москву, поселившись на квартире Жуковского. По просьбе Бриллинга в Москву он привез лодочный мотор собственной разработки, который был пристально изучен в моторной лаборатории ИТУ.

В Москве студент Микулин активно включился в работу воздухоплавательного кружка профессора Жуковского. Членами этого кружка являлись, главным образом, студенты училища, многие из которых впоследствии стали известными учеными и конструкторами - А.А. Архангельский, В.П. Ветчинкин, А.Н. Туполев, Б.Н. Юрьев, Б.С. Стечкин. Борис Стечкин, кстати, также являлся племянником (двоюродным, по линии матери Жуковского, происходившей из рода Стечкиных) Николая Егоровича.

Уже тогда - среди равноправных членов кружка - Микулин выделялся незаурядным конструкторским талантом. Он превосходно рисовал, и его эскизы оригинальных компоновок различных механизмов отличались исключительно точной графикой и завершенностью технических решений. Александр предложил ряд конструктивных усовершенствований для используемого кружком лабораторного и экспериментального оборудования. Отношения между членами кружка были простыми и добрыми, но верховодил всеми Туполев как самый старший по возрасту. Ближе всех Микулин сошелся со Стечкиным и Архангельским.

В августе 1914 г. началась Первая мировая война. Вскоре Н.Е. Жуковский, считавшийся наиболее авторитетным ученым в области авиа- и гидродинамики, занял пост заведующего отделом изобретений при Военно-промышленном комитете. Российская авиация в то время остро нуждалась в авиационных бомбах, которые следовало создать в кратчайший срок. Необходимо было раз-



Н.Е. Жуковский и А.А. Микулин на охоте

работать и собственно теорию бомбометания, провести необходимые эксперименты. Быстро отреагировав на возникшие затруднения, Жуковский написал знаменитую работу "Бомбометание с аэроплана" и объявил конкурс на разработку авиабомб. В числе других Микулину поручили создание зажигательной бомбы. Испытания довольно широкой номенклатуры авиабомб проводились на Ходынке. Лучшей зажигательной бомбой была признана конструкция, разработанная самим Микулиным. Ему был вручен почетный диплом и премия в тысячу рублей золотом. Последнюю, впрочем, рекомендовалось пожертвовать для нужд войны, что он и сделал.

Отец Микулина, высоко оценивший успех Александра, "в утешение" подарил сыну мотоцикл "Пежо". Так появилось новое поле деятельности, и усовершенствование мотоцикла превратилось в страсть. Понятно, что Александр сразу стал заядлым мотогонщиком. Чуть позднее, когда Военно-промышленный комитет выделил Н.Е. Жуковскому автомобиль "Форд", персональными шоферами Николая Егоровича оказались, само собой разумеется, Архангельский, Микулин и Стечкин. Бедный "Форд" объезжали, как лихого скакуна, выжимая всю скорость, на какую он был способен.

Вскоре судьба свела Микулина и Стечкина с проворным и энергичным дельцом Н.Н. Лебедеко, по поручению которого молодые конструкторы разработали прицел для бомбометания. Чуть позднее у Лебедеко появилась идея создания трехколесного танка. Основные ведущие колеса большого диаметра он предложил приводить во вращение двумя трофейными, снятыми со сбитого неприятельского дирижабля моторами "Майбах" мощностью по 200 л.с. Поскольку частота вращения выходных валов моторов составляла 2500 об/мин, а колеса танка должны были вращаться с частотой не более 10 об/мин, следовало изготовить редуктор. Лебедеко обратился за помощью в решении этой задачи к Микулину. Тот немедленно предложил простую и вместе с тем оригинальную конструкцию. Убедившись в высоком творческом потенциале способных студентов, Лебедеко дал им возможность закончить разработку задуманной им бронированной колесницы. Когда они вычертили общие виды танка, то, с подачи Стечкина, сразу окрестили его "нетопырь" из-за откровенной несурзности. Разработкой рабочих чертежей занимались инженеры - специалисты по мостам. Когда бронированный корпус был собран, Микулин обмерил его и установил, что масса конструкции оказалась почти в полтора раза больше расчетной. Естественно, что два "Майбаха" уже не могли обеспечить расчетной скорости 18...20 км/ч, считавшейся необходимой для танка. Требовались легкие транспортные двигатели мощностью по 300 л.с., но таких российская промышленность не производила.

В 1915 г. Микулин вместе со Стечкиным приступил к проектированию и постройке оригинального двухтактного двигателя АМБС-1 (Александр Микулин Борис Стечкин - первый) мощностью 300 л.с., который должен был превосходить по своим показателям все известные в то время моторы. Изготавливался опытный двигатель на заводе "Ош Везер" в Москве. Его отличительной особенностью было применение непосредственного впрыска топлива в цилиндры. Другой существенной особенностью мотора являлось расположение цилиндров противоположно друг другу. Шатуны вращали не обычный коленвал, а специальную шайбу сложной конфигурации, которая преобразовывала поступательное движение шатунов во вращательное движение вала мотора. АМБС-1 был построен в 1916 г. и собран в сарае на территории ИТУ. Двигатель успешно запущился, но проработал ... всего три минуты, так

как погнулись шатуны. Впоследствии Александр Александрович (довольно неохотно) рассказывал, что материалы, из которых изготовили детали двигателя, были взяты некачественные, без предварительной проверки свойств, что и погубило в техническом плане весь проект. Попытка довести мотор не увенчалась успехом еще и по "финансово-политическим" соображениям: в феврале 1917 г., сразу после Февральской революции, Лебедеко со всеми деньгами, полученными от военного ведомства, бежал за границу. Несмотря на неудачу, работа над мотором АМБС-1, несомненно, может считаться началом реальной конструкторской деятельности Микулина в области моторостроения.

В декабре 1918 г. по инициативе Н.Е. Жуковского был создан Центральный аэрогидродинамический институт - ЦАГИ. Первое время, в условиях разрухи и свертывания авиационного производства, эта организация имела ограниченную практическую направленность. Авиазаводы преимущественно занимались сборкой самолетов по импортным лицензиям и не нуждались в услугах "высокой науки". Вместе с тем, появились не вполне "авиационные" направления работы для Жуковского и его молодых коллег. Так, известно, что в ходе Гражданской войны весьма эффективным высококомобильным видом вооружения стала знаменитая тачанка. Но зимой по снежной целине она не могла перемещаться с нужным темпом. Тогда-то и вспомнили об аэросанях, обладавших отличной подвижностью по ровным заснеженным пространствам. На аэросани тоже можно установить пулемет, превратив их в "зимнюю тачанку". Идея показалась интересной, и вскоре на базе ЦАГИ по инициативе Н.Е. Жуковского была создана комиссия по постройке аэросаней - КОМПАС. Председателем коллегии КОМПАСа был назначен профессор Н.Р. Бриллинг, а членами коллегии - Е.А. Чудаков, А.А. Архангельский, Б.С. Стечкин и А.А. Микулин. Под КОМПАС отвели конюшни ресторана "Яр". Вскоре заведующим производством КОМПАСа стал Микулин. На испытаниях он мастерски водил аэросани.

17 марта 1921 г. не стало Николая Егоровича Жуковского. Вскоре после его смерти КОМПАС, потерявшую актуальность в связи с окончанием Гражданской войны, расформировали. Однако не терявший энергии Бриллинг создал новую организацию - Научно-исследовательский автомобильный институт (НАМИ). В этот институт он собрал, прежде всего, "компасовцев". Микулин несколько запоздал с обращением к Бриллингу, и в результате был оформлен на невысоко оплачиваемую должность старшего чертежника. Институт стал первым научным прикладным центром, занимавшимся созданием отечественных автомобильных, танковых и авиационных моторов.

Здесь уместно отметить, что в дореволюционной России моторостроение было развито слабо. И, что очень важно, в зачаточной стадии находилась база моторостроения - станкостроение. Подавляющее большинство отечественных самолетов оснащалось моторами, построенными на зарубежных заводах, хотя еще до революции с помощью иностранных специалистов в России начали производить лицензионные моторы. Следует подчеркнуть, что отечественные конструкторы сумели выдвинуть ряд непревзойденных технических решений, однако создать "в полном объеме" мощный авиадвигатель долго не удавалось.

С самого начала работы в НАМИ под руководством Бриллинга была начата разработка отечественных автомобильных, танковых и авиационных моторов. Самое активное участие в этой работе принимал и Микулин. За короткое время ему удалось разработать и внедрить несколько ценных технических решений. Вскоре он был переведен в инженеры-конструкторы.

В 1924 г. Микулину поручили самостоятельно вести разработку маломощного мотора для танкетки Т-19. Мотор был принят в производство и выпущен малой серией. Он стал вторым танковым двигателем, созданным Микулиным. Затем были спроектированы и построены маломощные моторы "Альфа" и "Бета".

В 1926 г. Микулин стал главным конструктором НАМИ по авиационным моторам. С его участием был разработан двигатель НАМИ-100 (М-12) мощностью 100 л.с., предназначенный для учебно-тренировочного биплана У-2. Однако к сроку довести мотор не



удалось. Отчасти неудачу можно объяснить смертью отца Микулина, ведь все заботы о семье с этого момента легли на плечи Александра. В серийное производство передали другой, более доведенный мотор М-11, сконструированный под руководством А.Д. Швецова.

В преддверии первой пятилетки, в 1927 г., с учетом перспектив развития отечественной авиации перед моторостроителями НАМИ была поставлена задача разработки авиационного двигателя мощностью 700 л.с. Бриллинг лично возглавил процесс конструирования мотора, получившего наименование М-13. С его созданием советское авиационное моторостроение и авиастроение в целом должны были сделать важный рывок. По расчетной мощности бриллинговский мотор мог опередить лучшие зарубежные авиадвигатели. Советский воздушный флот остро нуждался в мощном моторе для создания эффективных тяжелых бомбардировщиков. На М-13 делалась основная ставка. Разработкой чертежей мотора руководил Микулин. Опытные образцы рассчитывали собирать на моторном заводе имени М.В. Фрунзе, образованном путем слияния заводов "Мотор" и "Икар" с последующей их реконструкцией. В 1928 г. три первых опытных мотора М-13 прибыли для испытания в НАМИ.

Уже первые испытания новинки привели к разочарованию: М-13 смог развить мощность не более 600 л.с. Дальше начались еще более крупные неприятности. В ходе работы мотор начал разрушаться: тарелки клапанов отрывались от стержней и, смятые поршнями, вылетали в коллектор. То же произошло со вторым и третьим опытными экземплярами. Неудача с М-13 подорвала веру в возможность создания мощного авиационного мотора своими силами. Этой точки зрения придерживался и новый руководитель НАМИ Зелинский. Но Александр Александрович Микулин отступать не намеревался. Он считал, что в результате разработок, в том числе и неудачных, накапливается бесценный опыт конструирования, без которого невозможно создание работоспособной машины.

Однако руководство авиапромышленности нуждалось в двигателе для новых самолетов ТБ-1, Р-5 и И-3, а не в пустых обещаниях. Было принято решение закупить у немецкой фирмы лицензию на производство одного из лучших моторов того времени BMW-VI. Приобрели не только лицензию, но и полный комплект технической документации, а также всю оснастку, включая специализированные станки. Фактически было создано новое производство на базе завода № 26 в Рыбинске. Запущенный в серию под обозначением М-17, мотор имел традиционную для двадцатых годов схему с отдельными цилиндрами (диаметр 166 мм, ход поршня 190 мм) и индивидуальными наварными рубашками из листовой стали. М-17 быстро освоили в производстве и в эксплуатации, но форсировать не стали именно из-за устаревшей конструктивной схемы, хотя мощность, снимаемая с 48 л рабочего объема, к началу тридцатых годов справедливо считалась уже недостаточной.

В 1930 г. Микулин приступил к осуществлению идеи, которая созрела у него еще в 1928 г.: созданию мотора, превосходящего по мощности М-17. На начальном этапе он встретил серьезное противодействие со стороны руководства НАМИ. Несмотря на это, в мае 1930 г. Микулин сумел добиться утверждения предложенной им компоновки мотора. Микулин хорошо понимал, что нового технологического оборудования заводу никто не

даст. Поэтому для быстрого внедрения нового мотора в серию его основные габариты, диаметр цилиндра и ход поршня были сохранены теми же, что и у устаревшего М-17. Это решение предопределило выбор рыбинского завода № 26 для организации всех дальнейших работ.



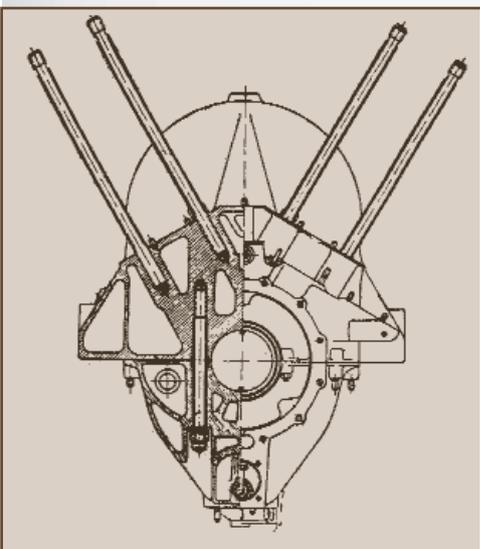
Колесный танк "Нетопир"

Разработка рабочих чертежей была закончена к июлю 1930 г. В октябре начались испытания опытного блока, а к августу 1931 г. была проведена обкатка и предварительное испытание "полномасштабного" мотора. С 2 августа по 7 ноября двигатель, получивший обозначение М-34, успешно прошел 100-часовые госиспытания и в начале 1932 г. был передан в серийное производство на московский завод № 24. Параллельно происходило создание и становление Центрального института авиационного моторостроения (ЦИАМ), куда Микулин был назначен главным конструктором. М-34 обладал выдающимися для своего времени техническими данными и превосходил лучшие зарубежные образцы. Его номинальная мощность составляла 750 л.с., а взлетная - 850 л.с. при сухой массе 535 кг.

В конструкции М-34 имелся целый ряд нововведений. Одним из них являлась силовая схема блока, так называемая схема "сжатой рубашки и свободной гильзы", которая обеспечила исключительно высокую жесткость системы и позволила в дальнейшем значительно форсировать мотор. Силовая схема блока М-34 оказалась более рациональной и жизнеспособной, чем широко рекламировавшаяся в то время английской фирмой "Роллс-Ройс" силовая схема "со сжатой гильзой". Следует отметить, что спустя 10...12 лет после создания мотора М-34 английская фирма "Роллс-Ройс" и американская фирма "Паккард" при форсировании своих моторов вынуждены были перейти на силовую схему поршневого двигателя по типу М-34.

При разработке блока цилиндров удалось создать хотя и сложный, но достаточно технологичный и надежный узел. В отличие от М-17, вместо одного выпускного клапана на цилиндр применили два уменьшенного размера (во избежание коробления). Форму камеры сгорания выбрали особой, препятствующей возникновению детонации. Это позволило питать мотор бакинским бензином второго сорта. У других моторов при работе на том же бензине при степени сжатия 6,0...6,2 начиналась детонация. Необходимо отметить, что, связав себя размерностью мотора М-17, конструкторы согласились и со всеми минусами этого решения: трудностями организации рабочего процесса и конструктивного оформления некоторых узлов.

Относительно большие диаметр цилиндра и ход поршня М-34 многим специалистам "мозолили глаз". В начале тридцатых годов теории и практики моторостроения считали, что оптимальный диаметр цилиндра составляет 140...150 мм. Отметим, что уже в период Второй мировой войны многие зарубежные фирмы были вы-



Картер мотора М-34

нуждены при форсировании своих моторов перестраивать производство на большие диаметры цилиндров. Так, для увеличения мощности моторов фирма "Роллс-Ройс" перешла от диаметра цилиндра 137,16 мм (мотор "Мерлин" XX) к диаметру 152,4 мм (мотор "Гриффон"), а фирма "Даймлер-Бенц" увеличила диаметр цилиндра с 150 до 162 мм. Естественно, что переход на другой диаметр цилиндра у названных фирм вызвал необходимость перестройки всего производства и определенную задержку в выпуске новых моторов. Прозорливость Микулина дала свои плоды: двигатель М-34 форсировался без изменения его основных размеров.



В.П. Чкалов, Ф. Байдуков и А.В. Беляков после перелета

Одновременно с подготовкой мотора М-34 к внедрению в серию началась разработка редуктора, нагнетателя, винта изменяемого шага с целью улучшения его технических характеристик. В 1931 г. было закончено проектирование редукторного варианта М-34Р, параллельно осуществлялось проектирование мотора М-34Н с двухскоростным нагнетателем, обеспечившим высотность 5000 м.

Мотор М-34РН, оснащенный редуктором и нагнетателем, прошел госиспытания в 1934 г. Директор советского павильона на 2-й Международной авиационной выставке, состоявшейся в 1934 г. в Копенгагене, в своем отчете отмечал, что наибольший интерес посетители выставки проявляли именно к мотору М-34РН, который по отделке и техническим данным не уступал зарубежным. Посетившие выставку специалисты с большим вниманием осмотрели мотор, а также отдельные детали и агрегаты, смонтированные на специальном щите. Наличие этого экспоната на выставке вызвало широкий отклик в датской и английской прессе, где М-34РН отмечался как грандиозное достижение советской авиапромышленности. Аналогичным успехом сопровождался показ М-34РН на международной авиационной выставке в Милане в 1935 г. В своем отчете начальник ГУАП Королев указывал, что мотор произвел благоприятное впечатление на иностранных специалистов, но многие не верили, что он мог развить заявленную мощность.

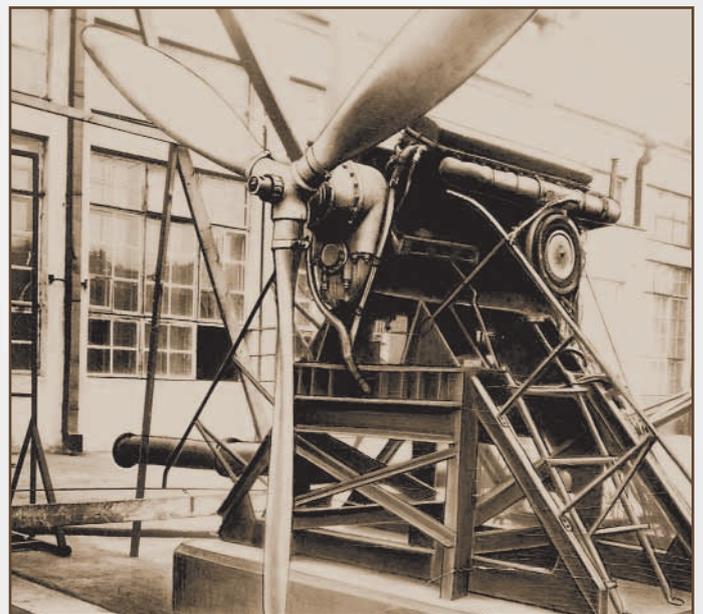
Двигатель М-34 получил высокую оценку и от руководства страны. Так, заместитель наркома тяжелой промышленности П.И. Баранов в письме, которое он направил в начале апреля 1933 г. секретарю Совета Труда и Оборона, писал: "Мотор М-34 к настоящему времени является надежным мотором и по своим данным стоит в ряду зарубежных невысоких моторов. Надежность мотора доказана на большом количестве 100-часовых испытаний. На проводимых в настоящее время НИИ ВВС РККА эксплуатационных испытаниях мотор проработал в условиях работы на самолете 270 часов без разборки (с частичной переборкой после 230 часов работы с заменой 2-х клапанов, направляющей клапана и двух поршневых колец) и становится на дальнейшее испытание до 300 часов. Как эти испытания, так и проведенные испытания мотора № 2040 на полном газе в течение 80 часов дают основание считать, что в ближайшее время можно будет повысить мощность мотора и гарантировать срок службы между переборками до 200 часов.

Моторы имеют еще отдельные недостатки (кустарный способ заливки баббитом головок шатунов, дефекты масляных помп), над устранением которых завод работает. При обеспечении редуктором, нагнетателем, винтом переменного шага изготовляемый в ЦИАМе мотор становится в разряд первоклассных моторов.

Предварительные работы по форсированию мотора показали, что мотор может развивать максимальную мощность 1000 л.с. Мотор испытан на самолете Р-5 и испытывается на ТБ-3 в полете с удовлетворительными результатами".

В докладе на совещании конструкторов самолетов и моторов, которое состоялось в конце 1934 г., начальник ЦИАМ Беляевский сообщил, что к этому времени было разработано уже шесть модификаций мотора М-34: "Отечественная тяжелая авиация обеспечена моторами семейства М-34... [Сегодня] мотор М-34 имеет мощность 750 л.с. на высоте около 4500 м. Следующая модификация имеет, при тех же весовых данных, 850 л.с., а модификация, которая выйдет в 1935 г., - 950 л.с. Опыты показывают возможность поднять эту мощность до 1000 л.с." Появление моторов семейства М-34 позволило советским авиаконструкторам развернуть работы по созданию перспективных бомбардировщиков, торпедоносцев, разведчиков, штурмовиков, одномоторных и двухмоторных истребителей, стратосферных самолетов.

Двигатель М-34 в различных модификациях устанавливался на ряде серийных самолетов, таких как ТБ-3, Р-З, МДР-2. Этими же моторами оснащался самый большой в мире самолет "Максим Горький". Особо следует отметить использование М-34 на само-



Стенд для испытания мотора М-34



Самолет ТБ-3с моторами АМ-34РН

летах РД. В 1934 г. на самолете РД-1 экипажем в составе летчиков М.М. Громова и А.И. Филина, штурмана И.Т. Спирина был совершен перелет на дальность 12 411 км по замкнутому маршруту. Самолет находился в воздухе 75 ч, что было сопоставимо с ресурсом мотора. В 1936 г. экипаж в составе В.П. Чкалова, Г.Ф. Байдукова и А.В. Белякова на самолете РД (АНТ-25) с мотором М-34 совершил беспосадочный перелет по маршруту: Щелково - Камчатка - остров Удд протяженностью 9374 км, а в 1937 г. они же совершили перелет по маршруту Щелково - Северный полюс - Портленд (США) протяженностью 8509 км. В том же году экипаж в составе М.М. Громова, А.Б. Юмашева и С.А. Данилина совершил перелет по маршруту Щелково - Северный полюс - Санджасинто (США) протяженностью 10 148 км. При этом был установлен новый мировой рекорд дальности полета по прямой без посадки. Полеты в Америку осуществлялись по совершенно не освоенным маршрутам, в очень сложных метеоусловиях. Так, экипаж Громова во время перелета столкнулся с тремя циклонами. "Американские" перелеты стали настоящим триумфом советской авиации, ее летчиков и штурманов, авиационной промышленности и, в частности, отечественного моторостроения. Одновременно это был триумф Павла Осиповича Сухова - конструктора самолета и огромный успех Микулина - конструктора мотора.

В январе 1935 г. приказом наркома тяжелой промышленности Серго Орджоникидзе за успехи в создании М-34 Александр Микулин был награжден легковой автомашиной. Работая в ЦИАМе, Микулин активно занимался совершенствованием этого мотора. Так, специально для самолетов-разведчиков был проработан проект мотора с перевернутым расположением цилиндров, но в дальнейшем работа была свернута по той причине, что такой вариант не обеспечивал существенного улучшения обзора вперед-вниз, а о выигрывше в аэродинамике для будущих скоростных самолетов тогда никто не подумал. Велись работы по созданию варианта М-34 с паровым охлаждением. Прошел летные испытания мотор М-34 с непосредственным впрыском топлива в цилиндры. Уже в то время проводились опыты по переводу М-34 на водородно-бензиновое топливо.

На основе М-34 прорабатывался вариант дизельного мотора. Другой проект предусматривал использование М-34 в составе паросиловой установки, разрабатываемой в ХАИ известным впоследствии конструктором космической техники Лозино-Лозинским. Работа велась в тесном контакте с Микулиным. Интересное применение нашел М-34 в работах по созданию высотного самолета, которые осуществлялись специалистами ВВИА им. Н.Е. Жуковского.

Кроме того, в академии на балансирном станке успешно испытывался мотор М-34, топливо которого предварительно подпитывалось кислородом. В ЦИАМе именно для моторов М-34 впервые обрабатывались винты изменяемого шага.

Добившись успеха в создании мотора для тяжелой авиации, Микулин решил разработать новый, более совершенный мотор и для самолетов-истребителей. Отметим, что параллельно с М-34 еще в 1931 г. Микулин начал разработку рядного шестицилиндрового мотора М-52, представляющего собой, по существу, "половинку" М-34. Номинальная мощность М-52 составляла 350 л.с., а взлетная - достигала 400 л.с. Двигатель М-52 предполагали запустить в серию, но по каким-то, до сих пор неясным, причинам этого не произошло. Новый вариант "истребительного" мотора должен был, по-видимому, являться развитием М-52. На упоминавшемся выше совещании конструкторов самолетов и моторов Микулин изложил свой подход к созданию мотора для истребителей. Он предложил разработать 12-цилиндровый мотор мощностью 500 л.с., имеющий относительно небольшие габариты (900x450 мм) и массу (360 кг, весовая отдача 0,7 кг/л.с.). Цилиндры располагались в одной плоскости. Благодаря такому размещению цилиндров (как на моторе М-52) и смещению вала редуктора на 200 мм мотор отлично вписывался в обводы фюзеляжа истребителя, а при его установке в крыле цилиндры можно было располагать горизонтально, полностью скрыв мотор в толще несущей плоскости. Охлаждение предусматривалось смешанное: обычное воздушное и гликолевое с минимальной площадью радиатора, что, по мнению Микулина, упрощало решение проблемы высотности мотора. Предусматривалось применение винта изменяемого шага.



После проведения государственных испытаний мотора М-34Р (А.А. Микулин, Г.Ф. Ульянов, Л.С. Татко, В.П. Петров, А.А. Розенфельд и др.)

В выступлении Микулин заявил: "...самолетчики должны сказать - достаточно ли 500 л.с." И они сказали, но совсем не то, что ожидал услышать Микулин. В частности, с концепцией микулинского "истребительного" мотора не согласился весьма уважаемый авиаконструктор Н.Н. Поликарпов. Его аргументы сводились к следующему: "Вооружение самолетов непрерывно прогрессирует, устанавливается большее количество пулеметов, патронов и пушек. Поэтому общий вес истребителей не может быть сильно уменьшен, даже при постановке легковесного мотора. Поэтому применение легковесного мотора не может так резко сказаться на скорости, как думается. Мне кажется, было бы неосторожным пойти на уменьшение веса за счет снижения мощности, как предлагает т. Микулин. Я бы хотел остановиться на той мощности, которую мы имеем на "Испано", -

750 л.с. Это предельная минимальная мощность до высоты 4000 м для истребителей. В 1937 г. она примерно определится величиной около 1000 сил и будет получена".

С мнением ведущего специалиста пришлось согласиться. Отметим, что популярная в конце тридцатых годов концепция "легкого" истребителя, подхваченная в Италии и Франции, не выдержала испытания боем. Так что на этот раз Микулину, возможно, повезло - авторитетные специалисты удержали его от создания неперспективного двигателя.

Другое дело - ситуация с вполне удачным М-34. Директор завода № 24 не проявлял заботы о дальнейшем развитии мотора. Появилась опасность отставания в развитии мощных авиадвигателей. С тем, чтобы повысить авторитет и влияние Микулина на судьбу его детища, в начале августа 1936 г. Серго Орджоникидзе приказом по Наркомтяжпрому присвоил всем моторам типа М-34 имя конструктора Александра Микулина. В дальнейшем предписывалось именовать мотор АМ-34. 9 августа 1936 г. состоялось заседание Комитета Обороны, поддержавшее это решение: "...утвердить приказ т. Орджоникидзе о присвоении мотору М-34 завода № 24 имени А. Микулина (АМ-34)... Утвердить т. Микулина главным конструктором завода № 24.... Тов. Микулину немедленно вступить в должность главного конструктора..." Чуть позднее, в соответствии с приказом Главного управления авиационной промышленности № 198 от 11 августа 1936 г., в связи с новыми заданиями заводу № 24 и во исполнение решения правительства Микулин вступил в должность главного конструктора завода, где под его руководством велась разработка форсированного варианта мотора АМ-34ФРН. Его

мощность должна была составить 950 л.с. на расчетной высоте 5000 м. Став главным конструктором, Микулин получил в свое распоряжение более совершенную производственную базу (на слабость производственных мощностей ЦИАМа он жаловался на совещании по плану работ ЦИАМ на 1935 г.).

Параллельно с АМ-34ФРН на заводе №24 проектировался вариант АМ-34ФРНУ с удлиненным валом. Работа над АМ-34ФРН шла очень тяжело, создание его затягивалось. Микулин, по-видимому, недооценил трудностей и едва не "свернул шею". 31 января 1938 г. состоялось постановление Комитета Обороны о снятии Микулина с должности начальника ОКБ завода № 24 и о назначении на эту должность К.В. Новикова. Микулин с понижением назначался ответственным конструктором конструкторской группы по мотору АМ-34ФРН. От более тяжелых репрессий конструктора оградила успех самолета АНТ-25 с мотором АМ-34РН, выставленного на Парижской выставке.

Как ни сложно шла доводка АМ-34ФРН, в 1938 г. он все же поступил на вооружение ВВС, став на какое-то время самым мощным в мире серийным мотором. Этим двигателем оснащались опытные и первые серийные тяжелые бомбардировщики ТБ-7. Мотор обладал номинальной мощностью 1050 л.с. на расчетной высоте 3050 м (на 30 % больше, чем у мотора АМ-34РН) и взлетной мощностью 1200 л.с. (на 46 % больше, чем у АМ-34РН). Удельная масса мотора существенно уменьшилась: вместо 1,07 кг/л.с. у АМ-34РН она стала равной 0,7 кг/л.с.

Эти двигатели были выпущены относительно небольшой серией, поскольку самолеты ТБ-7 строились с низким темпом. Число модернизированных бомбардировщиков ТБ-3, где АМ-34ФРН также нашел применение, было невелико. В то же время конструкцию мотора пришлось существенно изменить. В связи с увеличением мощности и частоты вращения многие детали были усилены, переделана система смазки, пересмотрена конструкция шатунов. Мотор оснащался односкоростным нагнетателем ФН-35. На входе в него применили направляющий аппарат с поворотными лопатками Поликовского, что значительно улучшило высотные характеристики и увеличило на 90...100 л.с. эффективную мощность у земли и на высотах ниже расчетной. Мотор АМ-34ФРН выпускался в двух модификациях, различающихся числом и типом карбюраторов: АМ-34ФРНА имел четыре, а АМ-34ФРНВ - шесть карбюраторов.

Интересной новой идеей, примененной в интересах повышения высотности АМ-34, явился так называемый "агрегат центрального наддува" АЦН-2, предложенный С.А. Трескиным. Питание карбюраторов микулинских моторов сжатым воздухом производилось компрессором, работавшим с мотором М-100 или М-103. Работы по комплексированию моторов АМ-34ФРНВ с агрегатами АЦН Микулин проводил в тесном содружестве с Трескиным. Летные испытания, проведенные в апреле 1938 г., выявили хорошие летные данные мотора АМ-34ФРН с АЦН-2. Агрегаты были достаточно хорошо доведены, но свертывание работ по ТБ-7 привело и завершению опытов с АЦН-2.

Мотор АМ-34ФРН, несколько доработанный по предложению С.В. Ильюшина с целью уменьшения его миделя, устанавливался на опытном истребителе И-21. Для охлаждения мотора на этом самолете использовалась паровая испарительная система.

(Продолжение в следующем номере).

Моторы АМ-34ФРН на самолете ТБ-7



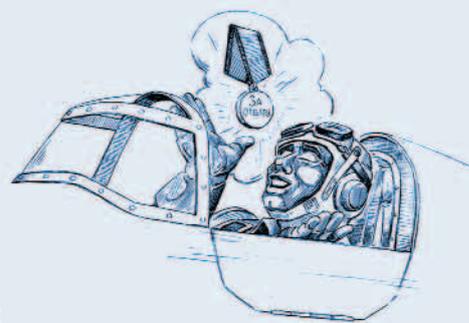
DIGEST

The personality of Alexander Mikulin, the Academician of Academy of Sciences of the USSR, Hero of Socialist Labor, Winner of State (Stalin's) Prize, General-Major of a engineering troops, an outstanding general designer of aircraft engines, attracts particular interest among not only experts. His original talent, persistence in getting goals, exceptional skills in finding the most original, effective and technologically acceptable decisions is admirable. His matchless talent for organization deserves a profound respect.

At the beginning of his career A. Mikulin was engaged in the development of tank engines. However, he reached a true success after the development of the I-34 - the first soviet high-power aircraft engine. Later on, this engine hones through a number of phases during its development. It powered ANT-25, the world-famous aircraft piloted by Chkalov's crew who made the USSR-USA transpolar non-stop flight. The M-34 was installed on R-5 reconnaissance aeroplane, I-3 fighters, and TB-3 bombers. These engines powered G-5 high-speed motor torpedo boat.

ALEXANDER MIKULIN - A LEGENDARY PERSON

Любовь была взаимная



Летчиком он стал не сразу. Начинать мотористом, как говорится, вырос в механика, закончил сперва техническое и только потом лётное училище. Много лет мы не встречались, и я мало что знал о судьбе этого симпатичного мне человека. Но "гора с горой не сходится, а человек с человеком - всегда". Так и мы - встретились на испытательном аэродроме, оба в новом качестве: он стал ведущим испытателем, ему присвоили первый класс, к тому же он защитил кандидатскую диссертацию, его уважали, к его мнению прислушались. И это не испортило человека.

Достаточно сказать, увидав меня, не сразу узнав, как-никак мы почти двадцать лет не виделись, он обратился ко мне, словно время остановилось:

- Командир, ты как сюда попал?

Я доложил, он разулыбался и предложил мне, если в данный момент я не занят, слетать с ним - просто так! - на Як-12. Надо, как он выразился, "послушать мотор". Ничего серьезного он не обнаружил, но все-таки облетать для спокойствия будет правильнее, чем дожидаться, "когда жареный петух клюнет".

С такой постановкой вопроса не согласиться было невозможно, и мы полетели. Пилотировал он исключительно плавно с великолепной грацией настоящего мастера своего дела. И я, как говорят теперь молодые, "хватал кайф", потому что хорошая работа всегда меня, старшего инструктора, вдохновляет.

К мотору я прислушивался постольку-поскольку, не моя это забота была в тот день, да и ничего подозрительного я не замечал. Тем удивительнее мне показалось его указание механику:

- Вскрой правое магнето, погляди коллектор...

Механик проворчал что-то откровенно неодобрительное, и я, признаюсь, готов был стать на сторону пожилого трудяги. Как это можно, ни с того ни с сего, обнаружить дефект в магнето, если ни тряси, ни перебежь. Но лезть не стал.

Пошли обедать. Просидели в столовой минут сорок, собрались по домам, но тут он сказал, что ну минутку хочет заглянуть к самолету и после готов ехать в город к месту.

- Ну? - спросил он механика, когда мы подошли к машине.

- Заменял. Но как-то опережал по времени.

- Я тоже. Может надо не просто знать, а еще и чувствовать...

...А вот еще похожий случай.

Все началось в третьем классе, школа должна была выставить хор мальчиков для какого-то, естественно сверхважного, мероприятия. И пошло! Лихорадочно отбирали одаренных детей заданного роста и приятного обличия. Мой герой в число избранных не попал. Самый главный деятель сказал:

Этому медведю на ухо наступил. Он страдал не столько оттого, что не взяли, сколько потому, что не мог понять - медведь-то три чем? Ведь он даже передвижение хота Ку-

зи улавливал, на что уж тот тихо по дому бродил.

Чтобы утешить, ему подарили дорогой двухколесный велосипед. Прокатив два круга по двору, знаете, что он сделал? Разобрал до последнего винтика всю машину. А когда его спросили - зачем, ответил, не задуываясь, чтобы понять, как она устроена.

Как ни странно, велосипед он собрать сумел, отрегулировал тормоза, заменил заводскую смазку, при этом на столе не осталось ни одной "лишней" гайки. Случай для новичка, прямо сказать, редкий.

Потом у него был мопед, который он умудрился усовершенствовать. И мотоцикл появился, эту машину он называл "Приятеlem". Так и говорил: "Ну что ты думаешь, Приятель, рвануть нам по грибы или веселее будет на речке?"

Однажды мы шли с ним по Садовой. На противоположной стороне улицы приткнулся грузовичок. Шофер, было слышно через улицу, матерился и пинал сапогом скаты. Мигом мой герой очутился около машины и сунулся к водителю.

- Сам свечи залил, а мотор ругаешь. Задница ты, а не водитель.

Часть дальнейшего темпераментного обмена мнениями опускаю. Вы и так можете представить, какие звучали любезности.

- Дай-ка свечной ключ! - И мой герой проворно вывернул свечи, они были мокрые и пригоревшие, видно, давно их не чистили.

Тряпку! - последовала команда. - Надфиль плоский...

Его не оказалось. Зачистив свечи монеткой, запустил и тут же заглушил двигатель.

- Надо по-человечески зажигание выставить, с таким опережением зажигания только осел ездит.

И выставил. Вконец растерявшийся хозяин грузовичка спросил:

- Сколько с меня, начальник?

- С дураков денег не беру. Совестно. Учись ее слушать и слушайся: она же тебя кормит.

Прошли годы. Мой герой стал летчиком-испытателем, работал в знаменитой вертолетной фирме, судьба свела нас совершенно случайно. Нам надо было срочно попасть в одну точку. Он усадил меня на правое сиденье вертолета, и мы полетели.

В воздухе я не сразу заметил - командир что-то поет, слов за грохотом двигателей не разобрать. Я, конечно, удивился, но спрашивать не стал. А вот когда прилетели, робко поинтересовался: что ты губами шевелил - пел или стихи читал?

Он ухмыльнулся:

- Сначала, когда тяга стала падать, я ее уговаривал: не балуй, мы спешим, дотянуть надо. Она послушалась, и тогда я запел:

Шелестит, вращается турбина,

Тянет, умница, сквозь толщу облаков.

Спрашивает моя верная машина:

На рекорд идем, без дураков?

Ну и так далее. Для поддержания духа...

- Никогда такой песни не слышал, - сказал я.

- Ничего удивительного, что не слышал... Это я экспромтом придумал.

Так со своими машинами он разговаривает и сочиненные для них песни поет, и двигатели слушает, и слышит. И очень-очень редко позволяет себе заметить:

- Ну, какой с меня спрос, когда мне медведь на ухо наступил?!

Анатолий Маркуша
рассказывает Владимир Романов



МНОГОТОПЛИВНЫЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ

Известно, что количество окислов азота (NO_x) в выхлопных газах зависит от температуры газов в цилиндре (T_{max}), как средней по объему, так и локальной, а также от концентрации кислорода в зонах окисления; при этом рост T_{max} и увеличение концентрации O_2 ведет к повышению количества NO_x . Наибольшее влияние на количество NO_x в диапазоне рабочих значений коэффициента избытка воздуха (α) оказывает температура газов. Выход же окиси углерода и дыма связан с качеством смесеобразования и полнотой сгорания, а дыма - еще и со своевременностью сгорания. Экономичность двигателя, в свою очередь, определяется термодинамическим к.п.д., как функции T_{max} , степени сжатия ϵ и коэффициента α , а также качеством сгорания. Таким образом, стремление уменьшить количество NO_x путем снижения T_{max} неминуемо должно приводить к росту удельного расхода топлива, увеличению количества CO и дыма. Для компенсации этих нежелательных последствий требуется интенсифицировать процесс горения топлива за верхней мертвой точкой (ВМТ).

Специалисты Коломенского завода провели анализ известных способов снижения токсичности выхлопных газов, прежде всего вредных компонентов: NO_x , CO и дыма. Установлено, что рациональная схема рабочего процесса должна предусматривать:

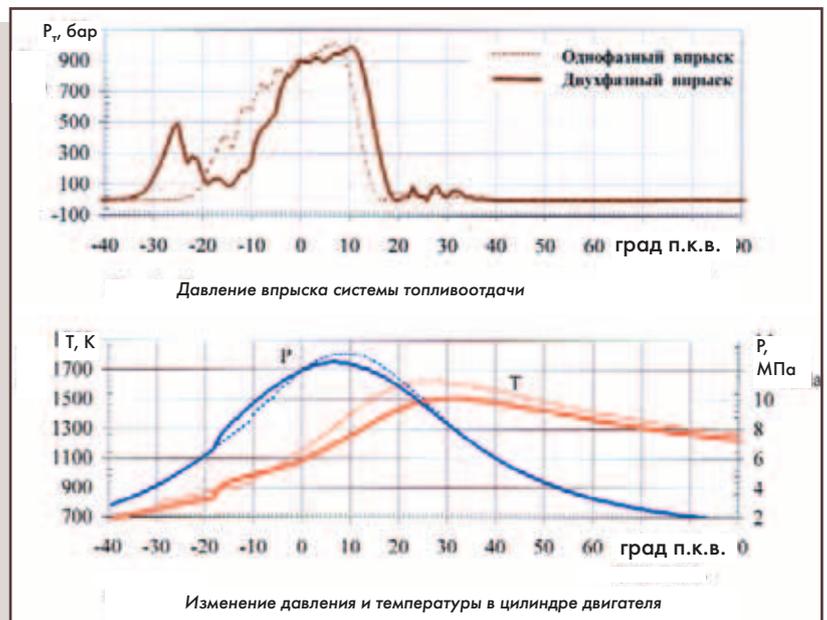
- снижение температуры воздуха в цилиндре в начале сжатия;
- ограничение подачи топлива до ВМТ;
- организованное сгорание впрыснутой до ВМТ порции топлива с целью интенсификации процесса сгорания основной порции топлива, впрыскиваемой за ВМТ;
- подачу основной порции топлива с большой интенсивностью, высокой дисперсностью и ее окончание не позднее $20...25^\circ$ поворота коленчатого вала (п.к.в.) за ВМТ;
- синхронизацию периода максимальной скорости сгорания топлива с началом интенсивного движения поршня к нижней мертвой точке (НМТ), то есть после $10...15^\circ$ п.к.в. за ВМТ. В этом случае работа расширения газа должна в максимальной степени компенсировать прирост энергии от сгорания топлива и, тем самым, сдерживать рост T_{max} ;
- окончание процесса сгорания не позднее $40...45^\circ$ п.к.в. за ВМТ;
- исключение отрыва от соплового наконечника капле топлива или их укрупнения в момент окончания впрыска.

Сформированная по результатам многочисленных исследований концепция рабочего процесса малотоксичного дизеля была реализована при создании двигателя 2-5Д49М (164Н26/26, $P_e = 2940$ кВт при $n = 1000$ мин⁻¹, $p_{\text{ме}} = 1,6$ МПа). Именно этот дизель поставляется в настоящее время в Германию для тепловозов.

Для снижения температуры подаваемого в цилиндры воздуха применен эффективный охладитель наддувочного воздуха (ОНВ), а также термостат в системе смазки. Активная поверхность теплообмена плотного пучка оребренных труб в водовоздушном охладителе увеличена почти на 30 %, что при прочих равных условиях позволило уменьшить температуру воздуха в ресивере на 10°C , а температуру цикла T_{max} - на $15...20^\circ\text{C}$. Применение термостата обеспечило стабилизацию температуры масла на режимах малых нагрузок и снижение температуры воды на ОНВ в условиях тепловоза.

С целью оптимизации подачи топлива и процесса сгорания использованы топливные насосы высокого давления (ТНВД), осуществляющие двухфазный впрыск топлива на режимах работы в диапазоне $75...100\%$ полной мощности и увеличение объемной скорости подачи топлива на 11 %. Кроме того, изменено усилие затяжки иглы форсунки, позволившее поднять давление в начале впрыска до 36,8 МПа и давление посадки иглы до 25,5 МПа. Одновременно увеличена геометрическая степень сжатия в цилиндре с 12,5 до 13,5 единиц.

Исследования, проведенные на опытном одноцилиндровом двигателе с двухфазным впрыском, показали, что большее значение имеет количество топлива, впрыскиваемого в первой фазе, и величина временного интервала между первой и второй фазами. При этом порция топлива первой фазы должна обеспечивать минимальную задержку воспламенения (на угол не более $1...3^\circ$ п.к.в.), устойчивое непрерывное горение и высокую скорость сгорания во



ОАО ХК "Коломенский завод":

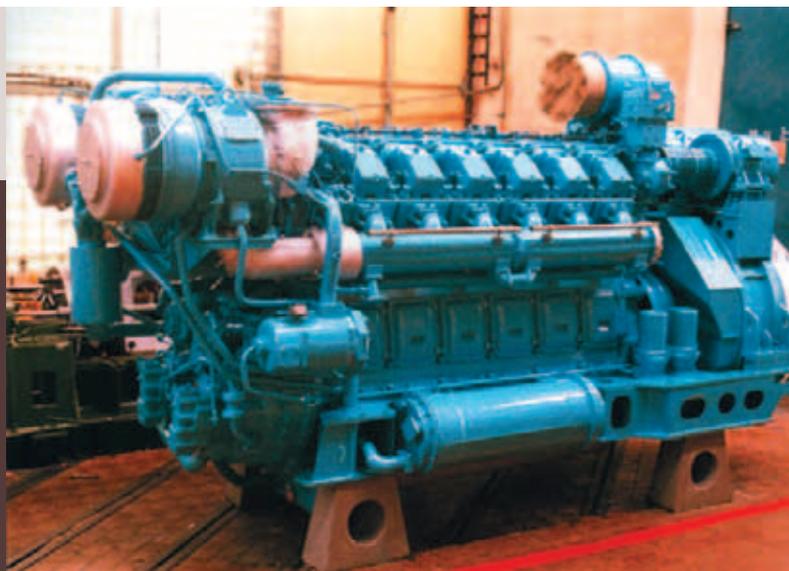
Евгений Никитин, главный конструктор, проф., д.т.н.

Эдуард Улановский, зам. главного конструктора, к.т.н.

Валерий Рыжов, первый зам. главного конструктора, к.т.н.

Сергей Миляев, начальник бюро

Объединение "Коломенский завод" широко известно в России и за рубежом. И прежде всего своими дизелями, выигравшими тендеры у таких фирм, как MAK KRUPP и CATERPILLAR. Информация о коломенских двигателях помещена во всемирном каталоге дизелей и газовых турбин. Тем не менее, модернизация двигателей на предприятии продолжается. Развитие идет в направлении повышения агрегатной мощности путем форсирования по среднему эффективному давлению и создания многотопливных двигателей. За основу взят наиболее перспективный дизель Д49 (4Н26/26). В связи с постоянным ужесточением экологических норм возникла необходимость проведения поисковых исследований и применения комплексного подхода к проектированию и доводке двигателя. Именно комплексного, поскольку каждый метод, даже хорошо известный, не способен обеспечить нового качества.



второй фазе. Вторая порция должна подаваться с большой объемной скоростью и высокой дисперсностью. Это необходимо для завершения сгорания в термодинамически активной зоне - до 40° п.к.в. за ВМТ. Высокие дисперсность распыла и скорость подачи топлива во второй фазе позволяют сохранить экономичность и добиться снижения количества СО и дымности при малом содержании NO_x в отработавших газах. На режиме полной мощности увеличение давления впрыска в начале и конце цикла обеспечило снижение содержания СО на 15 %, дымности (r_{max}) на 18 % и удельного расхода топлива на 1,0 %.

Сокращение содержания NO_x, которое наблюдается при повышении степени сжатия и уменьшении угла опережения подачи топлива, обычно сопровождается ростом дымности и содержания СО. Сущность этого явления заключается не только в смещении момента окончания сгорания к НМТ, но и в более высокой скорости уменьшения температуры газов. В этом случае могут наступать температурные условия, при которых происходит так называемая "закалка сажи". Эффективный способ борьбы с этим явлением - интенсификация процесса сгорания за ВМТ.

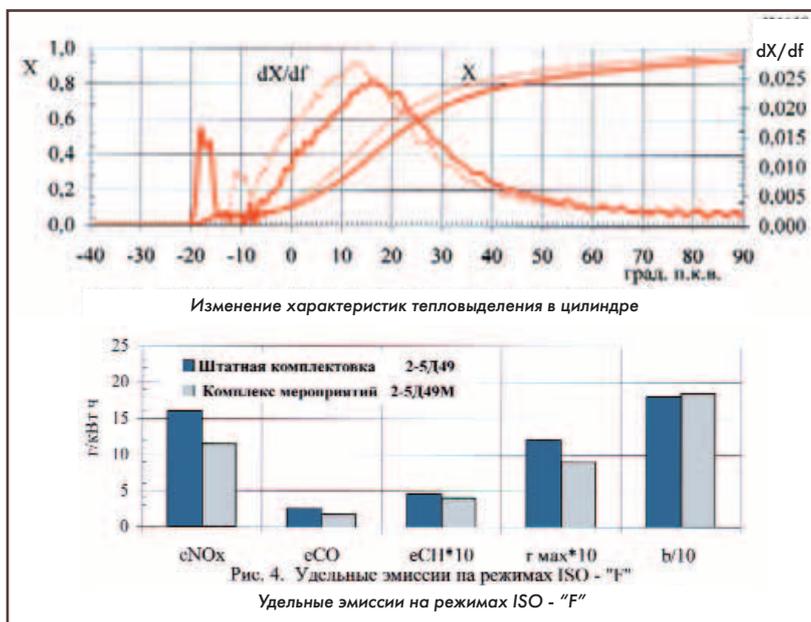
Комиссионные испытания двигателя 2-5Д49М проводились с участием специалистов из Германии и подтвердили изложенные выше положения. При оценке эмиссии вредных веществ режимы эксплуатации выбирались в соответствии с ISO 8178-4 по трехрежимному ездовому циклу "F". Значения контрольных показателей были следующими:

NO_x = 11,5 г/кВт·ч, СО = 1,7 г/кВт·ч, СН = 0,5 г/кВт·ч, r_{max} < 1,0 ед. Bosch.

Удельный расход топлива тепловозного двигателя в диапазоне мощностей 60...100 % лежит в пределах 206...208 г/кВт·ч. В соответствии с требованиями германских железных дорог эта величина не должна превышать 208 г/кВт·ч, а нормы эмиссии должны составлять: NO_x < 12,0 г/кВт·ч, СО < 3,0 г/кВт·ч, СН < 0,8 г/кВт·ч, r_{max} < 1,6 ед. Bosch.

С уменьшением форсирования двигателя по среднему эффективному давлению и, следовательно, с уменьшением цикловой подачи топлива удельные значения эмиссии вредных веществ возрастают, поэтому указанные выше мероприятия могут оказаться недостаточными. Так произошло при доводке двигателя 1-5Д49М (16ЧН26/26, P_e = 2232 кВт при n = 1000 мин⁻¹, p_{me} = 1,21 МПа). Пришлось пойти на дополнительные меры: уменьшение диаметра сопловых отверстий, введение внутреннего охлаждения заряда в цилиндре (нерегулируемый "цикл Миллера" с установкой новых впускных кулаков, имеющих фазу конца впуска в НМТ) и повышение давления наддува.

Уменьшение эффективного проходного сечения распылителей форсунок (сопла диаметром 0,35 мм вместо 0,4 мм) обеспечило снижение эмиссии СО на 12 %, а дымности - на 18 % при сохранении прежней экономичности. Дополнительное охлаждение заряда позволило уменьшить максимальную температуру цикла примерно на 30 °С, что способствовало снижению эмиссии NO_x на 10 %, а эмиссии СН - на 5 %. Результаты комиссионных испытаний (по циклу "F" ISO) экспортного двигателя 1-5Д49М



после модернизации подтвердили следующие уровни эмиссии: NO_x = 11,1 г/кВт·ч, СО = 2,4 г/кВт·ч, СН = 0,7 г/кВт·ч, r_{max} < 1,1 ед. Bosch.

Завершена модернизация двигателей 12ЧН26/26 повышенной мощности (P_e = 2650 кВт при n = 1000 мин⁻¹, p_{me} = 1,92 МПа), которые после доводки по экологическим показателям были поставлены в Германию. Эти новые 12-цилиндровые двигатели были установлены на шести тепловозах взамен ранее поставленных 16-цилиндровых 1-5Д49.

Российские потребители выдвинули свои требования к дизелям Д49, предназначенным для перспективных тепловозов ТЭП-200 (мощностью 3380 кВт) Коломенского завода и ТЭА-25 (мощностью 1500, 2500 и 3500 кВт) Брянского завода. Эти двигатели при работе с уровнем мощности 60...100 % от номинальной должны обеспечить повышение экономичности не менее чем на 5 %. Параметры вредных выбросов должны соответствовать новым российским стандартам.

Для новых модификаций Д49 с p_{me} ≥ 1,6 МПа подготавливаются к экспериментальной проверке поршень с каме-



рой сгорания типа "мелкий Гессельман" (степень сжатия $\epsilon = 12,0 \dots 13,5$). Форма камеры способствует локальному увеличению коэффициента избытка воздуха α , что улучшает характер процесса сгорания и обеспечивает снижение вредных выбросов при неизменной экономичности. Намечено провести исследования и при повышенных на 25...30 % значениях максимального и среднего давления впрыска топлива. Применение двух турбокомпрессоров в системе воздухообеспечения позволит решить еще две задачи: во-первых, повысить приемистость двигателя и крутящий момент (одновременно следует ожидать уменьшения расхода топлива на 10...15 г/кВт·ч), и, во-вторых, с отключением одного из турбокомпрессоров обеспечить долевой режим (регистрационный наддув). При этом ожидается снижение эмиссии вредных веществ. Для реализации тепловозной характеристики планируется применение многофункционального электронного регулятора, что позволит непрерывно адаптировать работу двигателя с учетом внешних условий и его состояния.

Применение других мероприятий, снижающих токсичность отработавших газов (ОГ), таких как рециркуляция ОГ, установка фильтров частиц и устройств с целью снижения выбросов NO_x , связано с дополнительным техническим обслуживанием и, кроме того, с возможным снижением ресурса двигателя. Особую актуальность приобретает дальнейшее совершенствование именно рабочего процесса. Специалистами завода запатентован новый способ рециркуляции ОГ, который, в отличие от существующих, не связан с внешним перепуском ОГ, а совершается внутри цилиндров.

Создание форсированных двигателей нового поколения типа Д49Ф (12ЧН26/26Ф, $P_e = 3090$ кВт при $n = 1000$ мин⁻¹, $p_{me} = 2,2$ МПа) потребует дальнейшей доводки конструкции и обеспечения соответствия экологическим нормам ближайшего будущего (2004-2005 гг.) и более отдаленной перспективы. Дальнейшего уменьшения выбросов NO_x можно добиться путем использования устройств, предназначенных для очистки и нейтрализации выхлопных газов. Улучшение индикаторного к.п.д. будет достигаться повышением давления наддува и максимального давления цикла до 17,0 МПа (для базовых двигателей $p_{max} \leq 14,0$ МПа).

Еще одним перспективным направлением, ориентированным на выполнение экологических требований, стал перевод двигателей на альтернативные виды топлива. Использование газодизельного или чисто газового цикла должно обеспечить более низкий уровень эмиссий. Кроме того, использование в качестве топлива попутных нефтяных газов, сжигаемых в факелах, позволит улучшить экологическую обстановку в районах добычи нефти и газа. Исходя из этих теоретических посылок в объединении "Коломенский завод" разработан и запатентован новый способ управления многотопливным двигателем, который позволяет значительно улучшить его динамические качества, расширить область бездетонационной работы и, тем самым, снизить требования к качеству газа, используемого в двигателе.

После длительной доводки удалось добиться работы газодизеля ГД49 (12ГДЧН26/26, $P_e = 1050$ кВт при $n = 1000$ мин⁻¹) на газах широкого фракционного состава с малым содержанием метана (менее 60 %). При работе на природном газе минимальное количество дизельного топлива составляет 5...8 % (на попутном газе - 8...12 %), а коэффициент избытка воздуха может достигать $\alpha = 2,0 \dots 2,2$. Газодизельные электростанции (напряжением 400 и 6300 В) на основе ГД49 с системой утилизации тепла обеспечивают суммарный к.п.д. более 85 %. Газодизели в составе энерговагонов ПЭ-6 эксплуатируются в районах Сибири и Крайнего Севера с 1996 г., наработав около 47 000 ч. В 2000 г. заводом освоен выпуск блочно-транспортной электростанции ЭГД-2 с газодизель-генератором 8ГДГ мощностью 1750 кВт.

С 2001 г. намечен выпуск мотор-генераторов ГМГД49 (12ГЧН26/26) мощностью 1165 кВт для работы по чисто газовому циклу, что, однако, потребует применения мощной и надежной системы искрового зажигания, решения проблемы запуска, особенно холодного двигателя. Дальнейшего снижения выбросов можно добиться путем внедрения упомянутого выше способа рециркуляции ОГ на малых нагрузках и холостом ходу. Это позволит избежать применения дополнительных устройств, например, форкамеры. Кстати, применение газодизельной силовой установки на перспективных газотепловозах весьма целесообразно, так как обеспечивает экономию дизтоплива при сохранении всех достоинств дизеля, а именно: высокой приемистости, мощности, простоты запуска и высокой надежности.

Положительные результаты испытаний двигателя Д49 при использовании сырой нефти в качестве основного и запального топлива позволили начать пробную эксплуатацию двигателя 12ЧН26/26 в составе передвижной электростанции ПЭ-6. Промышленная эксплуатация трех таких станций должна начаться в 2001 г. В дальнейшем предполагается переоборудовать их для работы по нефтегазовому циклу, что выгодно экономически, поскольку используется попутный газ, не состоящий на балансе. Кроме того, это выгодно и по экологическим соображениям: хорошо известно, что количество вредных выбросов в продуктах сгорания газа факелов месторождений существенно больше, чем при сжигании этого газа в двигателях. Таким образом, применение многотопливных двигателей Д49 производства ОАО ХК "Коломенский завод" на газовых и нефтяных промыслах - реальный вклад в выполнение Федеральной экологической программы.

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ "КОЛОМЕНСКИЙ ЗАВОД"

Россия, 140408, Коломна, Московская обл., ул. Партизан, д. 42.

Тел.: (0966) 3-81-52.

Факс: (0966) 15-47-93

DIGEST

"Kolomna Plant" Co., a world-known diesel manufacturer, is continuing improvements of its engines. The developments are proceeding on two tracks: an increase in power by boosting the average effective pressure and by designing multifuel engines. The D49 (ChN26/26), the most advanced diesel engine, is taken as the basis. Also, the works aiming at a decrease of exhaust gas toxicity are under way, and first of all, such harmful components as NO_x , CO, and smoke. A new concept of the working process made possible to develop low-emission 2-5D49M(16ChN26/26) diesel engines which are delivering to Germany.

The most promising direction focused on the ecological requirements, is the search for alternative fuels. Implementation of gas-diesel or pure gas cycle should ensure lower emissions. Moreover, usage of by-product oil combustible gases as fuels could improve ecological situation in regions of crude oil and gas production. Based on these facts, "Kolomna Plant" Co. has developed and patented a new method of multi-fuel engine control which considerably improved its dynamic performances, expanded the area of detonation-free operation and minimized the requirements to quality of gas used in the engine.

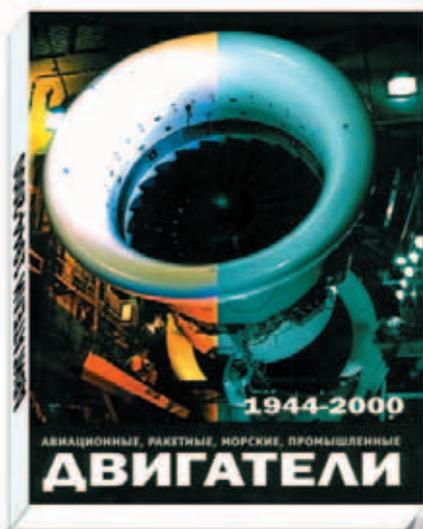
MULTI-FUELED, PROMISING AND ECOLOGY-FRIENDLY...

Московское издательство "АКС-Конверсалт" при поддержке Российского авиационно-космического агентства

выпустили в свет книгу

ДВИГАТЕЛИ 1944-2000: АВИАЦИОННЫЕ, РАКЕТНЫЕ, МОРСКИЕ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ.

Объективно! Достоверно! Исчерпывающе!



- * Иллюстрированный историко-технический справочник объемом 430 черно-белых страниц с цветными вкладками формата А4 достаточно подробно представляет почти 1200 двигателей: история проекта, применение, особенности конструкции, характеристики, модификации, производство, ремонт и др;
- * Описания сопровождаются фотографиями и схемами двигателей и объектов их применения: самолетов, вертолетов, космических аппаратов, боевых ракет, ракет-носителей, танков, промышленных объектов;

- * Книга подготовлена при активном участии представленных в ней организаций и рассказывает о разработках более 30 фирм СССР, России, Украины, США и Канады;
- * Приведена справка по деятельности каждого предприятия;
- * В приложении даны сертификаты МАК на отечественные и зарубежные двигатели, типовые схемы двигателей;
- * Удобная индексная часть по двигателям, объектам их применения и иллюстрациям;

СТОИМОСТЬ КНИГИ В РЕДАКЦИИ - 500 РУБЛЕЙ

ОПТОВАЯ И РОЗНИЧНАЯ ПРОДАЖА В РЕДАКЦИИ

ТЕЛ.: (095) 956-7940, 214-4240

E-mail: iskonver@cea.ru

HTTP: //WWW.CEA.RU/~ISKONVER

ПО НАЛИЧНОМУ И БЕЗНАЛИЧНОМУ РАСЧЕТУ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗА ГРАНИЦЕЙ: ТЕЛ.: +7 (095) 777-6557, 777-6558

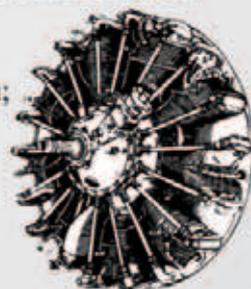
E-mail: misha@mosinfo.ru

HTTP: //WWW.EASTVIEW.RU

СПРАШИВАЙТЕ КНИГУ В МАГАЗИНАХ МОСКВЫ: "Транспортная книга", "Дом военной книги", "Библио-глобус", "Дом книги на Соколе",

"Дом технической книги", "Молодая гвардия", книжном киоске МАИ;

В МАГАЗИНАХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА: "Техническая книга", "Бизнес-справка"; В МИНСКОМ МАГАЗИНЕ "Аэроплан Лейбштандарт".



40 лет человек в космосе



Издательский дом

изготавливает разнообразную полиграфическую продукцию: книги, брошюры, рекламные проспекты, буклеты, календари всех видов, еженедельники, ежедневники с фирменной символикой заказчика, сувенирную продукцию.

К Вашим услугам обширная оригинальная авиационно-космическая фототека наших фотографов, в том числе в электронном виде.

Мы приглашаем организации, заинтересованные в отражении своей истории, предоставить информационный материал для размещения в календарях на 2002 год, а также разместим по желанию рекламные страницы.

Издательский дом "АВИМИР-2000"
103287, Россия, г. Москва, Петровско-Разумовский пр., 24, к. 1.

Тел./факс (095) 211-2366, 211-0343, 219-7304

E-mail: dom@aviamir2000.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ СУДОВЫХ МАЛОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

БМЗ - MAN B&W

В июле 1999 г. на испытательном стенде ОАО "Брянский машиностроительный завод" завершены первые длительные экологические испытания судовых дизелей ДБ62 (фирменное обозначение 6S50MC-C) и ДБ42 (6S26MC) под наблюдением Российского Морского Регистра Судоходства. Испытания проходили при технической поддержке фирмы-лицензиара MAN B&W Diesel A/S. Начиная с 1999 г. все судовые двигатели, выпускаемые ОАО "БМЗ", проходят экологические испытания и обеспечиваются Свидетельствами о предотвращении загрязнения атмосферы, имеющими международное признание.

ОАО "Брянский машиностроительный завод":
Юрий Коробков, главный инженер
Александр Обозов, зам. главного конструктора по двигателестроению

Законодательное регулирование экологических аспектов эксплуатации судовых дизелей

Продолжающееся загрязнение бассейна мирового океана и районов акваториальных вод вызывает обеспокоенность мировой общественности и требует применения неотложных мер. Поэтому в сентябре 1997 г. в Лондоне на дипломатическом уровне были одобрены предложения по ограничению вредных выбросов с отработавшими газами судовых дизелей, разработанные международной морской организацией ИМО. Основным принятым директивным документом явилось Приложение VI к MARPOL 73/78, включающее "Технический кодекс по контролю эмиссии окислов азота от судовых дизельных двигателей". Технический кодекс является международным стандартом, устанавливающим порядок и правила экологической сертификации судовых дизелей на заводе-изготовителе и в период эксплуатации дизелей в судовых условиях.

Технический кодекс, как следует из полного названия документа, касается вопросов сертификации дизелей и ограничений выбросов пока только окислов азота.

В соответствии с решением, принятым на Лондонской конференции, Технический кодекс формально вступит в силу после того, как 15 стран-участниц, представляющих 50 % мирового тоннажа эксплуатирующихся судов, ратифицируют соглашение. На текущий момент соглашение не ратифицировано, однако вышел циркуляр 34 ИМО МЕРС, согласно которому для дизелей судов с датой закладки киля после 1 января 2000 г. рекомендовано проводить экологическую сертификацию с выдачей промежуточного (временного) сертификата (Удостоверения соответствия). После вступления в силу правил ИМО промежуточные сертификаты, как это требуется, подлежат переоформлению в международные сертификаты по предупреждению загрязнения воздуха судовыми дизелями (EIAAP-сертификаты).

Экологическую сертификацию дизелей проводят государственные органы, однако эта процедура может делегироваться другим органам, например классификационным обществам.

Следует отметить, что помимо ограничений на эмиссию окислов азота, которые разработаны ИМО и носят глобальный международный характер, в настоящее время существуют законодательные акты местного (локального) характера, например, Калифорнийские правила (CARB), соответствующие законы Швеции и др. Требования подобных правил очень жесткие и распространяются на дизели судов, эксплуатирующихся в акваториальных водах, а также на дизели стационарного исполнения энергетических станций. Например, согласно Калифорнийским правилам, концентрация выбросов окислов азота для

новых построенных судов не должна превышать 130 ppm (0,013 %). Для сравнения можно отметить, что обычно концентрация окислов азота, если не принять специальных мер, составляет 1200...1500 ppm. Видно, что требуется десятикратное снижение эмиссии окислов азота. Есть и другие примеры. Швеция недавно ввела ограничения на эмиссию окислов азота для местных судов (паромов) - 2 г/кВт·ч, которые делают необходимым использование каталитического реактора. Норвегия поставила целью снизить эмиссию окислов азота от судов местного сообщения на 10 000 т в год (на 20 %). Весьма вероятно, что подобные программы в ближайшее время будут инициированы в странах, окружающих Балтийское море, которое будет объявлено "особой зоной", что потребует использования низкосернистых топлив и соблюдения жестких ограничений по эмиссии окислов азота. Если говорить о международном регулировании экологической проблемы эксплуатации судовых дизелей, то проводимые законодательные акты Лондонской конференции 1997 г. следует рассматривать как первый шаг. Принятые предельные уровни эмиссии окислов азота в будущем будут снижаться постепенно "шаг за шагом" в соответствии с техническим прогрессом и потребностями общества в сохранении, и даже улучшении, окружающей среды. Как ожидается, в обозримом будущем предельные нормы выбросов окислов азота будут снижены еще на 30 %.

Предвидя ужесточение требований со стороны экологов и введение соответствующих государственных и международных законодательных актов, фирма - лицензиар MAN B&W Diesel A/S более 15 лет назад начала изучение эмиссии своих дизелей. Цель проводимых исследований - снижение эмиссии окислов азота, так как выброс данного токсичного компонента в атмосферу при сгорании топлива наносит наибольший ущерб и нарушает в природе хрупкий элементный баланс. Выброс в атмосферу окислов азота способствует образованию смога, являющегося проблемой многих крупных портовых городов. Легкая растворимость двуоксида азота в воде приводит к выпадению кислотных дождей и повышению кислотности почвы. Следует учесть, что данный процесс протекает непрерывно и необратимо.

Европейскими странами осознается серьезность экологической проблемы эксплуатации судовых дизелей крупнотоннажного флота. Об этом свидетельствует проводимый в настоящее время европейский исследовательский проект "CLEAN - пропульсивные установки с низкой эмиссией". Партнерами проекта являются ведущие европейские дизелестроительные компании, компании вспомогательных отраслей и ряд исследо-

вательских институтов. Проект частично поддерживается Германским федеральным министерством образования, науки, исследований и технологий. Партнеры по проекту доверили германскому Ллойд общее руководство проектом с целью его контроля и координации.

Фирма MAN B&W Diesel A/S принимает самое активное участие в данном проекте, выполняя такие задачи проекта, как исследование методов снижения эмиссии вредных веществ (оптимизация формы камеры сгорания и процесса впрыска топлива, разработка систем электронного впрыска, оптимизация установок с SCR-реакторами, разработка альтернативных методов очистки выпускных газов и пр.).

Удовлетворение текущих требований IMO в настоящий момент для лицензиара не является большой проблемой. Основная задача - это удовлетворение требований IMO экономически наиболее эффективными способами.

Методы снижения эмиссии окислов азота (NO_x)

К настоящему времени выполнена тщательная проработка методов снижения эмиссии окислов азота, которые условно делятся на две категории.

1. Первичные методы, направленные на уменьшение количества окислов азота, образующегося в процессе сгорания топлива в цилиндре дизеля.

2. Вторичные методы, направленные на удаление (очистку) образовавшихся окислов азота из отработавших газов перед выпуском их в атмосферу.

Так как интенсивность образования окислов азота является, главным образом, функцией максимальной температуры сгорания в цилиндрах дизеля, максимального давления и избытка кислорода, то к первичным методам относятся:

- понижение максимального давления сгорания путем более позднего впрыска топлива в цилиндр;
- оптимизация формы камеры сгорания и формы топливных струй (применение специальных форсунок) для получения максимальной однородности смеси и однородности температурного поля в камере сгорания;
- увеличение числа форсунок, устанавливаемых на цилиндр;
- применение рециркуляции части выхлопных газов;
- снижение количества подаваемого в цилиндр воздуха;
- использование водоземulsionного топлива;
- применение прямого впрыска воды в цилиндр;
- применение систем управления с электронным впрыском топлива.

Следует отметить, что многие из применяемых методов снижения эмиссии окислов азота приводят к ухудшению экономических характеристик двигателя вследствие снижения термического к.п.д. цикла рабочего процесса.

К вторичным методам снижения эмиссии окислов азота относится селективный каталитический метод (Selective Control Reduction - SCR), который предполагает оснащение дизеля каталитическим реактором.

Снижение эмиссии NO_x увеличением угла запаздывания впрыска топлива (поздний впрыск) вряд ли можно считать перспективным методом, так как он существенно ухудшает экономичность двигателя. Например, смещение начала впрыска топлива в цилиндр на угол 8° поворота коленчатого вала после верхней мертвой точки (ВМТ) приводит к увеличению расхода топлива дизелем приблизительно на 10 % (при снижении эмиссии NO_x на 25 %).

Весьма эффективна модернизация топливных форсунок дизеля, приводящая к снижению эмиссии NO_x в выпускных газах на 10...20 %. В форсунках стандартные сопла заменяются на так называемые сопла "LOW-NO_x", имеющие измененную конфигурацию сопловых отверстий. Эта модернизация перспективна тем, что без проблем может быть проведена на дизелях, уже введенных в эксплуатацию.

Частичная рециркуляция выхлопных газов на впуск - эффективное средство уменьшения NO_x, так как снижает избыток кислорода при сгорании топлива. Исследования показали, что при увеличении

степени рециркуляции отработавших газов до 20 % уровень концентрации NO_x уменьшается в два раза (приблизительно с 1200 до 600 ppm). Однако, несмотря на достаточно высокую эффективность, применение данного метода затруднено из-за нерешенных технологических проблем, касающихся очистки и фильтрации рециркулируемой части отработавших газов, поступающих на компрессорную ступень турбоагрегата и далее в охладитель продувочного воздуха. Кроме того, при работе дизеля на сернистых низкосортных топливах компрессорная ступень и охладитель продувочного воздуха будут подвергаться серной коррозии.

Метод использования водотопливной эмульсии для снижения эмиссии NO_x является довольно популярным методом, требующим незначительной модернизации судовой системы топливоподготовки и модернизации системы топливоподдачи (топливных насосов, форсунок, топливных кулачков распределительного вала). В системе топливоподготовки требуется установка двух дополнительных блоков - дозатора воды и смесителя-гомогенизатора, обеспечивающих получение однородной мелкодисперсной смеси тяжелого топлива и пресной воды в требуемой пропорции. Для того, чтобы избежать кавитации и выкипания легких фракций топлива и воды из эмульгированного топлива, применяется закрытая система топливоподдачи под давлением. Исследования показывают, что каждый процент добавления воды в топливо снижает эмиссию NO_x также на процент, при этом, что особенно важно, экономические показатели дизеля практически не ухудшаются.

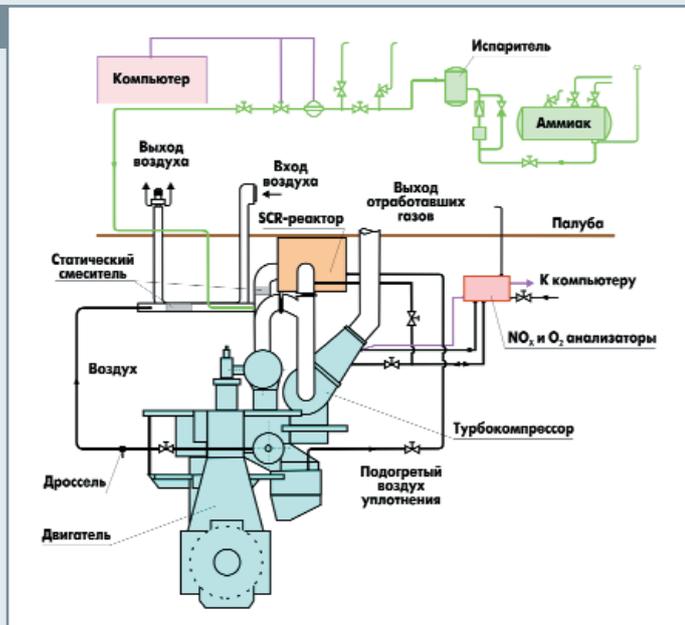
Фирма MAN B&W Diesel A/S имеет богатый практический опыт применения эмульгированного топлива. Впервые указанный метод был осуществлен на энергетической станции в Пуэрто-Рико, оснащенной двумя малооборотными двигателями мощностью по 20 МВт. Установленные на электростанции (эксплуатируемой с 1984 г.) двигатели 7L90GFCA имели уровень концентрации NO_x, равный 1150...1200 ppm. Эта станция должна была удовлетворять федеральным требованиям US-EPA, допускающим предельный уровень концентрации NO_x 600 ppm. Привести эмиссию NO_x в соответствие с требованиями удалось благодаря использованию водотопливной эмульсии с содержанием воды 22 %. Другим, еще более ярким примером является применение этого метода на энергетической станции на острове Гуам. На станции предусматривалась установка двух двухтактных малооборотных двигателей 12K80MC-S мощностью по 40 МВт с уровнем эмиссии NO_x порядка 1800 ppm. Предельное же спецификационное значение концентрации NO_x в выпускных газах было установлено в 950 ppm. Использование водотопливной технологии с добавлением 50 % воды в топливо и применение новых типов распылителей форсунок решили проблему. В 1994 г. указанные двигатели прошли интенсивные стендовые испытания - уровень концентрации NO_x не превысил 900 ppm. Существуют и другие примеры использования данной технологии.

В качестве альтернативы применения эмульгированного топлива может использоваться прямой впрыск воды или чередующийся впрыск воды и топлива. Однако воды, необходимой для снижения эмиссии NO_x, в этих случаях требуется больше, так как ее распределение менее равномерно, чем в эмульгированном топливе. Кроме того, оба последних метода требуют значительной модификации конструкции двигателя и добавления внешних систем.

При реализации законодательных актов локального характера с очень жесткими требованиями по эмиссии NO_x, когда речь идет о почти полной очистке газов от окислов азота (NO_x < 100 ppm), первичные методы бессильны. Для таких ситуаций лицензиар предлагает вторичный метод на основе использования SCR-реактора. При этом выпускные газы двигателя смешиваются с аммиаком перед пропуском через специальный катализатор при температуре 300...400 °С. В катализаторе окислы азота преобразуются в N₂ и H₂O. На рис. 1 показана типовая схема такой установки, основными элементами которой являются: SCR-реактор; емкость (цистерна) с аммиаком; испаритель; система измерения концентрации NO_x и O₂; компьютер управления SCR-процессом.

Особенностью компоновки такой установки является то, что газы из коллектора выпускных газов дизеля сначала поступают в

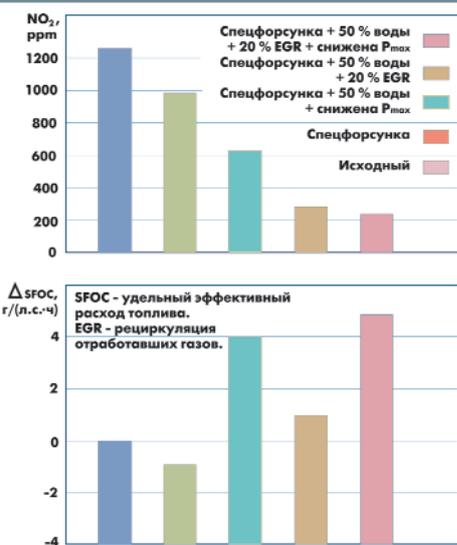
Рис. 1



SCR-реактор для каталитической обработки и только потом в турбокомпрессор. Компьютерная система управления дозирует подачу аммиака в SCR-реактор. Так как применение SCR-реактора приводит к ухудшению экономичности дизеля (удельный эффективный расход топлива возрастает на 7...10%), то реактор спроектирован так, чтобы его можно было легко исключить из системы, если по условиям эксплуатации судна снижение выбросов NO_x не требуется. Естественно, что в такой установке необходимо применение турбокомпрессора с высоким к.п.д. для компенсации потерь давления в реакторе и трубопроводе.

К настоящему моменту накоплен богатый практический опыт применения метода каталитической очистки отработавших газов дизелей. Достаточно отметить, что с 1989 по 1992 г. фирма MAN B&W Diesel A/S построила четыре двигателя с SCR-реакторами для судов, успешно введенных в эксплуатацию. Широкое применение SCR-метод получил и для дизелей стационарного исполнения.

Рис. 2



Практически для снижения эмиссии NO_x целесообразна комбинация разных методов (рис. 2). Совместное использование первичных методов может обеспечить снижение эмиссии NO_x на 80% при приемлемой потере экономичности (удельный эффективный расход топлива возрастает приблизительно на 6,6 г/л.с.ч). При необходимости снижения выбросов NO_x на 90 и более процентов единственно эффективным является применение SCR-реактора.

Экологические характеристики дизелей БМЗ - MAN-B&W

Следует отметить, что "дизельная дилемма" двигателей разработки MAN и производства БМЗ является благополучно решенной с точки зрения их экологических свойств, несмотря на высокую степень форсирования (среднее эффективное давление на номинальных режимах достигает 18,0...18,5 бар, максимальное давление сгорания - 140...170 бар) и высокую экономичность (удельный эффективный расход топлива составляет 170 г/кВт.ч, а на оптимизированных режимах достигает уровня 160 г/кВт.ч). Многие двигатели текущей программы лицензиара даже без принятия специальных мер по снижению эмиссии NO_x удовлетворяют требованиям IMO (рис. 3). Если применить один из первичных методов снижения эмиссии NO_x , а именно - оборудовать двигатели форсунками, оснащенными специальными соплами (соплами "LOW- NO_x "), то уровни эмиссии окислов азота практически для

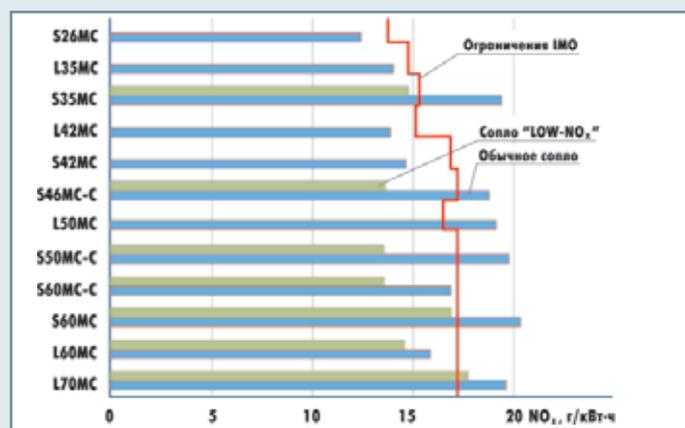


Рис. 3

всех двигателей лицензиара становятся ниже ограничений IMO. Таким образом, уже при минимальных затратах (замена сопел форсунок) судовые двигатели БМЗ - MAN B&W полностью удовлетворяют текущим требованиям IMO по экологической чистоте и готовы к экологической сертификации.

Экологические сертификационные испытания дизелей БМЗ - MAN B&W

Решение об экологической сертификации двигателей производственной программы ОАО "БМЗ" было принято в 1999 г. Первыми двигателями, подвергнутыми экологическим сертификационным испытаниям, были судовые малооборотные дизели 6S50MC-C и 6S26MC.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЕЙ, ПРОШЕДШИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СЕРТИФИКАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Характеристики	6S50MC-C	6S26MC
Назначение	Главный судовый двигатель с прямой передачей на винт регулируемого (фиксируемого) шага. Компактная модель	Главный судовый двигатель с прямой передачей на винт регулируемого (фиксируемого) шага. Может устанавливаться на судах смешанного типа плавания "река-море"
Диаметр цилиндра, мм	500	260
Ход поршня, мм	2000	980
Число цилиндров	6	6
Спецификационная эффективная мощность, кВт	8580	2070
Спецификационная частота вращения коленвала, мин ⁻¹	127	237
Удельный эффективный расход топлива, г/кВт.ч	168,2+3%	175,5+3%
Среднее эффективное давление, бар	17,2	16,8
Максимальное давление сгорания, бар	151	171
Предельно допустимый уровень эмиссии NO_x по IMO, г/кВт.ч	17,0	15,07

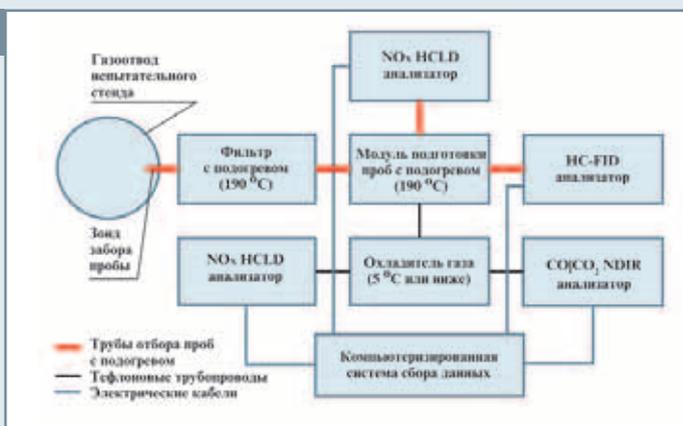
ПРИМЕНЯЕМАЯ АППАРАТУРА

Наименование	Модель	Диапазон измерения	Тип детектора	Изготовитель
Газоанализатор NO _x	EXSA 240CL	0...2500 ppm	HCLD (нагреваемый хемилюминесцентный)	Horiba
Газоанализатор CO	Ultramat 22P	0...500 ppm	NDIR (недисперсионный инфракрасный абсорбционный)	Siemens AG
Газоанализатор O ₂	PMA 10	0...30 %	PMD (парамагнитный)	M&C Instruments
Газоанализатор CO ₂	Ultramat 22P	0...10 %	NDIR (недисперсионный инфракрасный абсорбционный)	Siemens AG
Газоанализатор HC	JUM HC-FID 3-300A	0...1000 ppm	FID (плазменно-ионизационный)	JUM
Фильтр с подогревом	M&C	180 °C	-	M&C
Модуль пробоподготовки с подогревом	JUM VE112	180 °C	-	JUM
Трубы пробоотвода	M&C	180 °C	-	M&C
Охладитель газа	PSS-10-1M&C	5 °C	-	M&C

На рис. 4 приведена схема установки газоаналитического оборудования, которое использовалось при испытаниях.

Следует отметить, что Технический кодекс накладывает строгие ограничения на тип применяемой газоаналитической аппаратуры, типы используемых детекторов, метрологические свойства аппаратуры. К проведению экологических измерений допускаются только лаборатории, прошедшие аккредитацию на проведение данного вида работ в государственных органах.

Рис. 4



Результаты проведенных измерений (рис. 5) показали, что двигатель 6S26MC в своем обычном (штатном) исполнении удовлетворяет требованиям IMO по эмиссии NO_x с большим запасом. Концентрация NO_x на эксплуатационных режимах не превышает 1000 ppm. Рассчитанный по испытательному циклу E2 средневзвешенный удельный выброс NO_x составляет 10,9 г/кВт·ч при предельно допустимом уровне по IMO для данного двигателя, равном 15,07 г/кВт·ч.

Расчет удельного средневзвешенного выброса NO_x осуществляется по формуле:

$$NO_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_{NO_{x_i}} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \cdot WF_i}$$

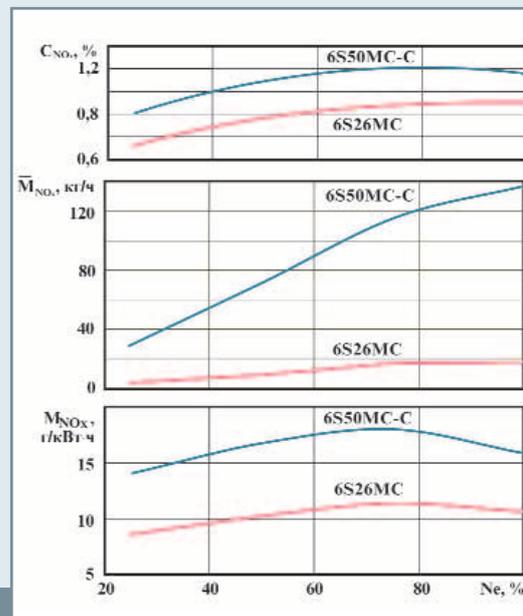
где i - индекс режима испытательного цикла;
n - количество испытательных режимов (для цикла E2 n = 4);
P_i - эффективная мощность на испытательном режиме, кВт;
WF_i - весовые коэффициенты (оговаривается в Техническом кодексе);

M_{NO_x} - удельный выброс, полученный на испытательном режиме, г/кВт·ч.

Для двигателя 6S50MC-C уровень концентрации NO_x в отработавших газах достигает 1200 ppm, а рассчитанный удельный средневзвешенный выброс NO_x равен 16,77 г/кВт·ч при предельно допустимом уровне в 17,0 г/кВт·ч. Двигатель удовлетворяет требованиям IMO, прошел сертификацию, однако для создания экологического "запаса прочности" целесообразно применить первичные методы.

В ближайшей перспективе на ОАО "БМЗ" будут продолжены экологические сертификационные испытания. Следующими двигателями станут еще два типа судовых дизелей производственной программы. Это 6L42MC мощностью 3840 кВт при 145 мин⁻¹ и 6S26MC мощностью 2400 кВт при 250 мин⁻¹. Испытания будут проводиться при технической поддержке лаборатории НПФ "Экология" (Санкт-Петербург), получившей недавно аккредитацию на проведение данных работ в Российском Морском Регистре Судоходства.

Рис. 5



DIGEST

ECOLOGICAL CERTIFICATION OF BMZ - MAN B&W'S LOW-SPEED MARINE DIESEL ENGINES

In July 1999, "Bryansk Machine-Building Plant" (or "BMZ" Co.) completed first long-time ecological tests of 6S50MC-C and 6S26MC marine diesel engines under supervision of the Russian Ship's Register. The trials were conducted with technical support of MAN B&W Diesel A/S, the company - licensor.

By 2001, a thorough study of methods to decrease NO_x emission has been completed. These methods are conditionally divided into the primary methods aiming at a decrease of NO_x content as a results of fuel combustion in the engine cylinder, and the secondary methods leading to removal of formed nitrogen oxides from exhaust gases before discharging them into atmosphere. The most effective primary method of NO_x emission decrease is usage of water-fuel emulsion. This method requires a minor modification of the ship fuel mixing and feeding system. If it is necessary to achieve almost full removal of nitrogen oxides (NO_x < 100 ppm), when the primary methods are powerless, the secondary method is proposed on the basis of SCR-reactor.

Starting from 1999, all BMZ's marine engines are undergoing ecological tests and provided with internationally recognized ecology-related Certificates. In the nearest future "BMZ" Co. will continue the ecological certification tests and the next engines will be 6L42MC and 6S26MC.

ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ ЕВРОПЕЙСКИХ ТАНКОВ НАТО



Виктор Подгаецкий,

начальник отдела ГУП НИИД, к.т.н., с.н.с.

В настоящее время в Европейских странах НАТО четко определились два лидера, конкурирующих между собой в области танкового двигателестроения - английская фирма "Перкинс", разработавшая дизели серии "Кондор" (см. "Двигатель" № 3 (3), 1999 г.), и немецкая фирма MTU, дизели которой находят широкое применение на объектах бронетанковой техники более чем в 20 странах мира. Отличительной особенностью танковых дизелей фирмы MTU (МВ 837 танка "Леопард" 1, МВ 873 танка "Леопард" 2 и др.) является их постоянно растущий с каждой новой серией уровень технического совершенства, сопровождающийся улучшением массо-габаритных показателей, удельных мощностных параметров, топливной экономичности и прочих характеристик.

Первые немецкие танковые дизели были разработаны в 50-е годы фирмой Daimler-Benz. В 1965 г. последняя объединилась с компанией Maybach, а в 1969 г. консорциум получил новое название - MTU Friedrichshafen. С тех пор его предприятия выпустили более 19 000 дизельных двигателей для бронированной техники. "Фамильными" чертами дизелей MTU являются:

- четырехтактный цикл;
- угол развала блоков цилиндров 90°;
- жидкостное охлаждение;
- турбонагнетатель;
- охлаждение наддувочного воздуха;
- индивидуальные головки цилиндров.

Наряду с применением двигателей MTU на германских танках и бронированных машинах, руководство фирмы определенно делает ставку на модернизацию иностранной боевой техники путем замены штатной силовой установки (или только дизеля) агрегатом собственного производства. Так, в третьих странах прошли "дизелизацию" устаревшие американские танки М 47 и М 48, на которых при сохранении прежней трансмиссии фирмы Allison были смонтированы "эмтзушные" двигатели второго поколения МВ 837 мощностью 750 л.с. Немецкие специалисты предлагают повысить боевые возможности массового танка французского производства АМХ 30 путем замены его дизеля более совершенным МВ 833 мощностью 850 л.с. Есть в портфеле MTU и предложения, касающиеся танков советского, чехословацкого и китайского производства (Т-54, Т-55, Т-59, Т-62 и Т-72). Последний, к примеру, можно оснастить дизелем мощностью 900 л.с.

Однако важнейшим направлением деятельности MTU является создание новейших образцов двигателей. В 1974 г. фирма MTU начала разработку, а в 1992 г. закончила подготовку серийного производства нового дизеля третьего поколения МТ 883 - одного из наиболее совершенных и перспективных зарубежных танковых двигателей конца XX века. Двигатель предназначен как для установки на новых объектах БТТ, так и для замены дизелей ряда "873" на серийных машинах. Изменение международной обстановки в начале 90-х годов позволило руководству бундесвера отложить начало выпуска этого двигателя, и фирма MTU вместо организации серии вынуждена была сконцентрировать усилия на проведении НИОКР по его дальнейшему совершенствованию. Эта работа продолжается до настоящего времени.

Создание и конструктивное совершенствование танкового дизеля МТ 883 опиралось на разработанную фирмой техническую концепцию. Проведенные в соответствии с нею НИОКР позволили

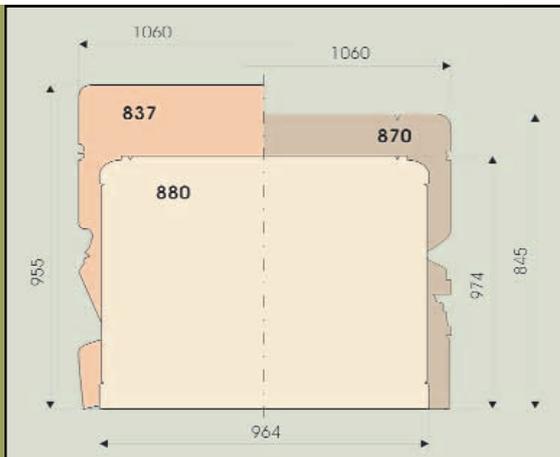
применить в конструкции нового двигателя многие из новейших достижений мирового танкового двигателестроения и смежных отраслей науки и техники (металлургии, электроники, химии и др.)

Вместе с тем, одним из наиболее важных концептуальных требований к новому двигателю стало использование в нем технологий с низкой степенью риска, а также гарантированное исключение возможности перехода за допустимые пределы по механическим и тепловым нагрузкам. Это требование удовлетворялось, главным образом, благодаря сохранению на освоенном уровне средней скорости поршня и приемлемой величины среднего эффективного давления. Конструкторы MTU стремились по возможности шире использовать в двигателе серийные, стандартные материалы и проверенные технологии.

В соответствии с требованиями концепции двигатель должен разворачиваться в мощностной ряд, образуя семейство унифицированных дизелей V-образной и рядной конструктивно-компоновочной схемы. Конструкция двенадцатицилиндрового V-образного двигателя МТ 883 позволяет создать на его базе десяти-, восьми-, шестицилиндровые модификации. Предусмотрена возможность создания шести-, пяти-, и четырехцилиндровых рядных модулей. При этом мощностной ряд покрывает диапазон от 500 до 2250 л.с., а в перспективе и более.

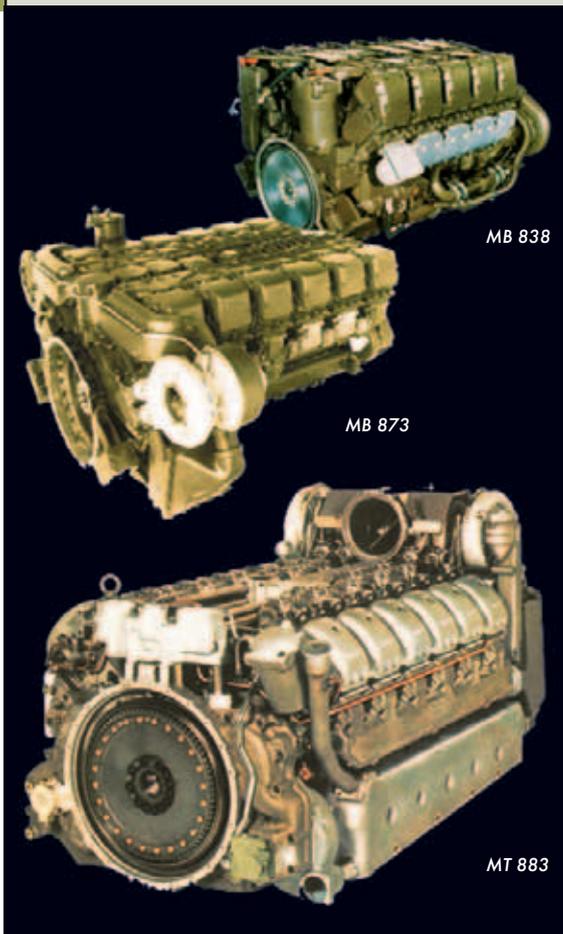
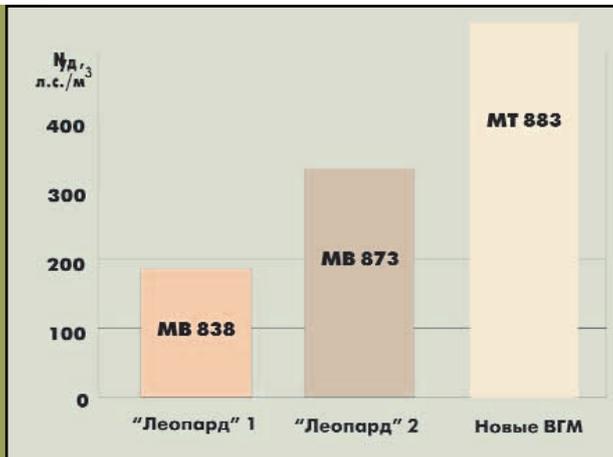
Новые разработки фирмы MTU обеспечили уменьшение габаритного объема нового двигателя на 30...40 % по сравнению с дизелем МВ 873 танка "Леопард" 2 (при одинаковой мощности). Для двигателя МТ 883 найдены новые конструктивные решения, позволившие разместить кривошипно-шатунный механизм в малом объеме (укорочена на 15 % длина коленчатого вала, на 10 % уменьшены относительная длина шатуна, относительное межцилиндровое расстояние и диаметр цилиндра, а отношение длины хода поршня к диаметру цилиндра выбрано равным 0,97). Патрубки охлаждающей жидкости встроены в головки цилиндров, исключено применение резиновых шлангов вблизи нагретых частей двигателя и пр. Впускные и выпускные клапаны унифицированы, они приводятся в движение тремя толкателями для каждого цилиндра. Разработанная конструкция отличается минимальными размерами клапанного механизма и равномерным распределением усилий между роликами толкателя.

Предусмотренное концепцией существенное увеличение литровой мощности (до 80...90 л.с./л) потребовало применения в новом двигателе интенсивного галерейного масляного охлаждения поршней, усовершенствования системы наддува (введен регистровый наддув с возможностью отключения на промежуточных ре-



Слева: габариты двигателей ряда "837", "870" и "880"

Справа: удельные мощности трех поколений двигателей MTU



жихах части агрегатов наддува), повышения эффективности системы водяного охлаждения (применена двухконтурная высокотемпературная схема), применения глубокого охлаждения наддувочного воздуха (двухступенчатый охладитель). В системе питания внедрены индивидуальные топливные насосы с электрогидравлической системой регулирования топливopодачи. Индивидуальные головки цилиндров выполнены из серого чугуна. Введено металлокерамическое уплотнение газового стыка.

Большое внимание уделялось обеспечению возможности работы двигателя при любых кренах и дифферентах. Это требование удалось выполнить благодаря применению сухого масляного поддона специальной конструкции и расположенного сбоку масляного бака плоской формы.

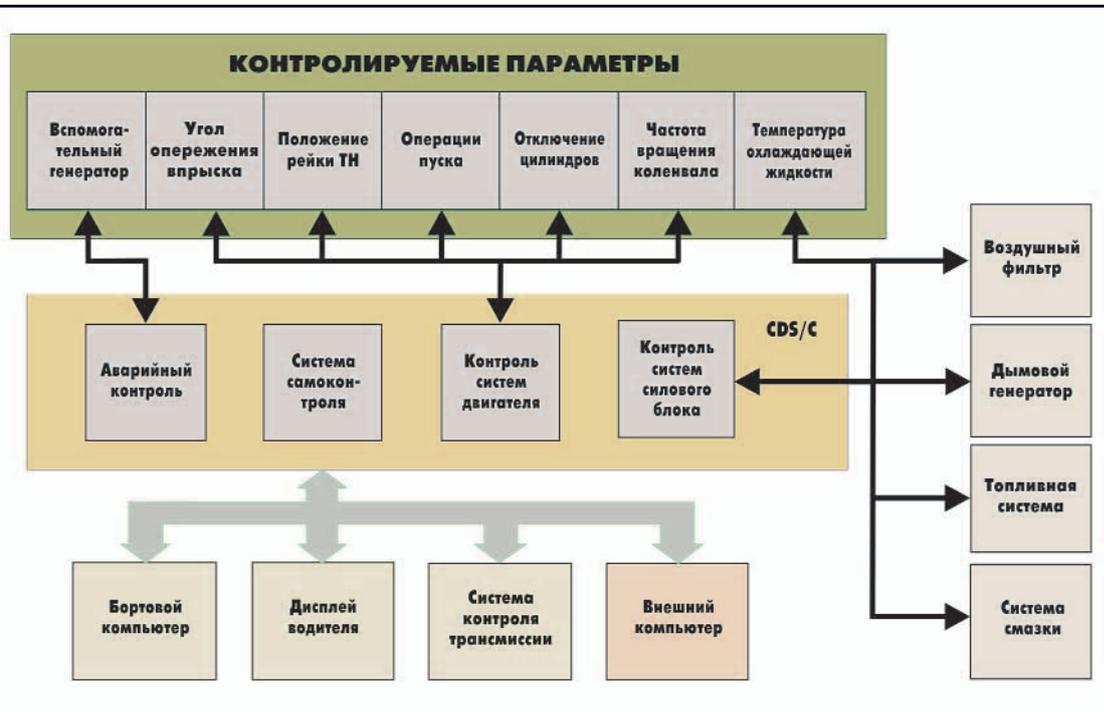
Созданный в соответствии с изложенной концепцией дизель MT 883 был в дальнейшем назван Euro-Motor, что, учитывая приобретение лицензий на его производство Великобританией, Францией, Канадой, США и другими странами, определенно указывает на одно из главных мест, которое отводится в перспективе этому двигателю в танкостроении стран НАТО.

Важнейшим основополагающим принципом создания современных и перспективных танковых силовых установок является, как известно, их агрегатирование в единый силовой блок. На основе дизеля MT 883 и ряда систем (гидродинамической/механической трансмиссии, системы охлаждения, системы очистки воздуха, турбокомпрессора и цифровой электронной системы управления) фирма MTU создала единый силовой блок EuroPowerPack (EPP), предназначенный для применения в унифицированных моторно-трансмиссионных отделениях (МТО) европейских танков НАТО.

Созданию EPP предшествовал большой объем НИОКР по выбору оптимальной размерности двигателя, согласованной с характеристиками систем МТО. Были созданы и испытаны опытные образцы дизелей размерностью D/S=130/130 мм и 140/136 мм. Оптимальными немецкие специалисты сочли диаметр поршня 144 мм и его ход, равный 140 мм. В дальнейшем именно эти значения геометрических параметров были использованы при создании дизеля MT 883 Ка-500. В настоящее время на основе базового двенадцатицилиндрово-

ВАРИАНТЫ ДИЗЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА "830" И ИХ ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ

Двигатель MT 883-1500 (MT 883 Ка-500)	Двигатель работает в диапазоне температур окружающего воздуха от -40 °С до +52 °С. Снабжен электронной системой автоматического регулирования, контроля и управления двигателем и трансмиссией. Оборудован системой двухступенчатого регистрового наддува. Дизель имеет жесткий короткий коленчатый вал с массивными противовесами, короткие шатуны, коренные подшипники с высокой несущей способностью, алюминиевый блок-картер, индивидуальные чугунные головки цилиндров. Силовой блок EPP с двигателем MT 883 Ка-500 объемом 4,05 м³ устанавливается в МТО объемом 5,1 м³ экспортного варианта танка "Леклерк".
Двигатель MT 881-1500 (MT 881 Ка-501)	Двигатель является восьмицилиндровой модификацией дизеля MT 883 Ка-502 (мощностью 2250 л.с. для амфибии ВМС США). Предназначен для самоходной гаубицы PzH 2000. При мощности 1000 л.с. предлагается для использования на перспективных гусеничных машинах стран НАТО (в частности, в БМП "Мардер-2").
Двигатель MT 880-1300 (MT 880 Ка-501)	Двигатель является шестицилиндровой модификацией дизеля MT 883 Ка-523 (мощностью 2600 л.с. для амфибии AAAV). Дизель может быть использован в танках пятого поколения стран НАТО, а в дефорсированном варианте (~ 1000 л.с.) - в военных гусеничных транспортерах LCM и инженерных машинах на их базе.
Двигатель MT 883-2250 (MT 883 Ка-502)	Двигатель представляет собой форсированную модификацию танкового дизеля ряда "880" для силовой установки перспективной амфибии морского десанта AAAV, США. В 1988 г. двигатель прошел испытания в лаборатории TACOM, США на мощность 2250 л.с. (морской режим). Подтверждена возможность форсирования до 2600 л.с. (требования корпуса морской пехоты США, модель MT 883 Ка-523).



вого варианта созданы и находятся на разных стадиях доработки его модификации разного уровня мощности и назначения.

К силовому блоку EPP выдвигались следующие требования:

- он должен уместиться в МТО всех существующих основных боевых танков ("Леопард" 2, "Леклерк", М 1 "Абрамс" и "Челленджер" 2);

- система охлаждения должна обеспечивать возможность работы двигателя в диапазоне температур окружающего воздуха от -40°C до $+52^{\circ}\text{C}$;

- он должен быть оборудован электронной системой автоматического регулирования, контроля и управления двигателем и трансмиссией;

- период между техническими обслуживаниями силового блока должен быть не менее 300 ч.

Непосредственным побудительным мотивом разработки EPP явилось стремление обеспечить возможность модернизации основных боевых танков третьего поколения, которые в связи со сложившимися в мире условиями остаются в эксплуатации дольше, чем ранее намечалось.

В результате совершенствования конструкции EPP требуемый для его размещения объем МТО значительно сокращен и состав-

ляет в одном из вариантов компоновки $4,05\text{ м}^3$ вместо $6,9\text{ м}^3$ для двигателя MB 873 в танке "Леопард" 2.

Наиболее радикальное повышение эффективности и сокращение объемов достигнуто в новых системах охлаждения и воздухоочистки EPP. Совершенствование конструкции системы воздухоочистки силового блока EPP позволило вдвое уменьшить занимаемый ею объем по сравнению с двигателем MB 873 танка "Леопард" 2.

Результаты испытаний силового блока EPP на танке оказались вполне удовлетворительными. Так, максимальный пробег танка в течение одного дня составил 550 км, а средний - почти 300 км (за пять дней испытаний). Средняя наработка на отказ двигателя MT 883, связанного с его снятием с танка, была доведена до 4028 ч, а силового блока в целом - до 158 ч (вдвое меньше, чем на стенде).

К 2001 г. фирма MTU планировала значительно улучшить характеристики силового блока EPP по сравнению с первоначальными и выйти на уровень мощности 1800 л.с. (прирост 20%), снизить удельный расход топлива до 150 г/л.с.ч и дымность двигателя наполовину, а межрегламентный период увеличить до 500 ч.

Совершенствование силового блока EPP и двигателей семейства "880" успешно продолжается. Подтверждением тому являются следующие факты:

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА "880"

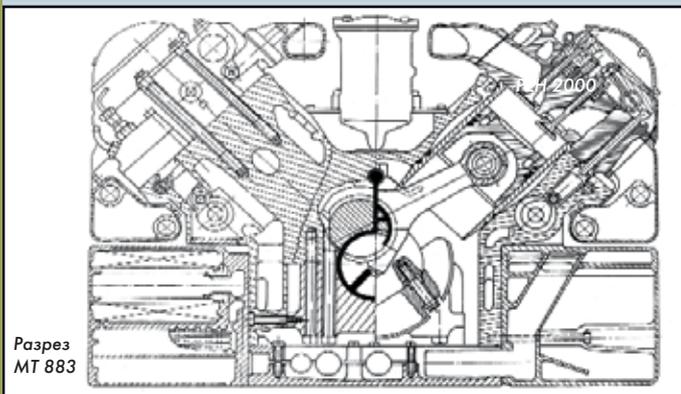
Характеристика	MT 883-1500	MT 881-1500	MT 880-1300	MT 883-2250
Число цилиндров	12	8	6	12
Максимальная мощность, л.с.:				
на стенде	1500	1500	1300	2250
на вращающемся объекте	1213	1237	922	1820
Частота вращения коленвала, об/мин	3000	3000	3300	3000
Рабочий объем, л	27,4	18,2	13,7	27,4
Степень сжатия	14,5	14,5	14,5	14,5
Среднее эффективное давление, кгс/см ²	16,42	25,7	25,87	24,63
Средняя скорость поршня, м/с	14	14	15,4	14
Удельный расход топлива, г/л.с.ч:				
на стенде	170	165	170	165
на объекте	207	200	207	204
Давление наддува, кгс/см ²	3,6	5,6	4,5	5,4
Габаритные размеры, мм (длина, ширина, высота)	1700x964x965	1535x970x730	920x970x730	1700x964x965
Масса двигателя, кг	1800	1450	1200	1800
Цилиндровая мощность, л.с./цил.	125	187	217	187
Литровая мощность, л.с./л	54,7	82,4	94,8	82,1
Стадия работ	Серия	ОКР	ОКР	Окончание ОКР

ПАРАМЕТРЫ ПОДВИЖНОСТИ ТАНКА М 1 "АБРАМС" СО ШТАТНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ И БЛОКОМ ЕРР

Характеристика	Вариант танка	
	ТТ к М 1А2	М 1 с ЕРР
Максимальная скорость, км/ч	67	72
Время разгона до скорости 32 км/ч, с	7,2	5,5
Скорость на подъеме 16 %, км/ч	24...27 (при 10 %)	22,5
Радиус поворота, м	11,4	10,8
Длина пути торможения на полной скорости, м	-	43 (на гравии)

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТАНКА "ЛЕОПАРД" 2 С ШТАТНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ И БЛОКОМ ЕРР

Характеристика	Двигатель	
	МВ 873	МТ 883
Мощность номинальная, л.с.	1500	1500
Мощность на ведущем катке, л.с.	927	1100
Объем МТО, м³	7,2	4,3
Сухая масса силового блока, кг	6150	5460
Путевой расход топлива (V=52 км/ч), л/мин	2,7	2,4
Максимальная температура наружного воздуха без ограничения мощности, °С	+35	+52



Разрез МТ 883



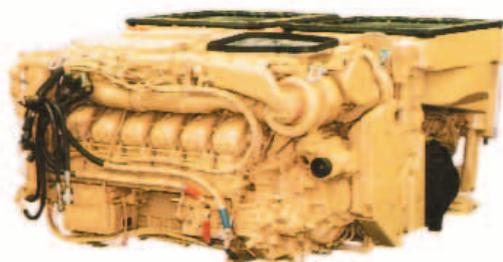
Танк "Леклерк"

- замена в серийном производстве французского двигателя с системой наддува "Гипербар" дизелем МТ 883;

- применение английской фирмой "Виккерс" системы охлаждения от блока ЕРР для экспортного варианта нового основного боевого танка "Челленджер" 2;

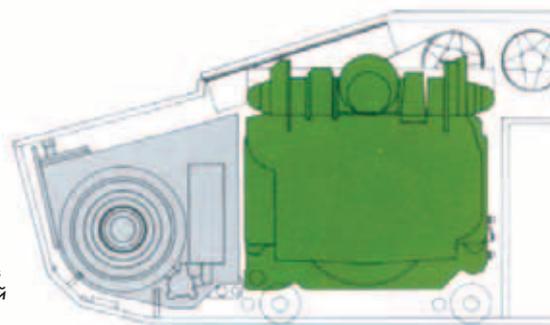
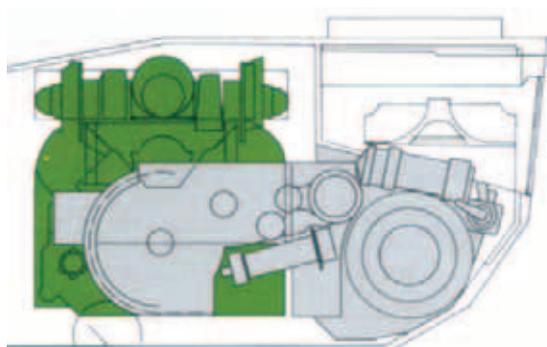
- план модернизации танка "Леопард" 2А5 (фирма "Краусс-Маффей-Вегман" совместно с МТУ) путем замены силовой установки блоком ЕРР с двигателем МТ 883 мощностью 2038 л.с.

Таким образом, высокая удельная мощность, отличные массо-габаритные и топливо-экономические показатели новых двигателей семейства "880" резко повышают их конкурентоспособность по сравнению с аналогами и позволяют рассчитывать на успех в соревновании с танковыми ГТД.



Блок ЕРР

Тип техники	Тип двигателя (мощность, л.с.)	Тип техники	Тип двигателя (мощность, л.с.)
"Леопард" 2	МВ 873 Ка-501 (1500)	"Леклерк" троп.	МТ 883 Ка-500 (1500)
"Мардер"	МВ 833 Еа-500 (600)	РхН 2000	МТ 881 Ка-500 (1000)
"Отоматик"	МВ 837 Еа-500 (750)	ТАМ	МВ 833 Ка-500 (720)
"Чифтен"	МВ 837 Ка-501 (1100)	"Леопард" 1	МВ 838 СаМ-500 (830)
М 113	6V 183 Тс22 (300)	ТН 495	8V 183 Те22 (600)
"Гепард"	МВ 838 СаМ-500 (830)	"Роланд"	МВ 833 Еа-500 (600)
К 1	МВ 871 Ка-501 (1200)	"Пизарро"	8V 183 ТЕ22 (600)
OF 40 Mk III	МВ 838 Са-501 (950)	"Арджуи"	МВ 838 Ка-501 (1400)
АМХ 30	МВ 833 Ка-501 (850)	М 44/52	МВ 833 Аа-501 (450)
"Бибер"	МВ 838 СаМ-500 (830)	М 48	МВ 837 Еа-500 (750)
"Бюффел"	МВ 873 Ка-501 (1500)	"Ягуар"	МВ 837 Аа-500 (500)
"Палмария"	МВ 837 Еа-500 (750)	"Кайлер"	МВ 871 Ка-501 (1100)



Компоновка двигателя МТ 883 с трансмиссией в задней (слева) и передней (справа) частях корпуса



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИБРИДНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Для снижения стоимости выведения грузов в космос требуются повышение экономичности, удельных тяговых характеристик и надежности ракетных двигателей, а также совершенствование их систем управления. В Исследовательском Центре им. М.В. Келдыша созданы несколько модификаций высокоэффективных гибридных ракетных двигателей (ГРД), применение которых сулит хорошие перспективы по сравнению с использованием ЖРД и РДТТ.

ФГУП "Исследовательский Центр
им. М.В. Келдыша":

Николай Волков, начальник сектора, к.ф.-м.н.

Руфина Голлендер, начальник сектора, к.т.н.

Николай Давыденко, начальник сектора
ГДП НИЦ ЦИАМ:

Леонид Семенов, начальник сектора

Борис Ступин, инженер-испытатель

Новые задачи, в том числе коммерческие, заставляют уделять все большее внимание гибридным ракетным двигателям, обладающим рядом замечательных особенностей:

- простотой и надежностью;
- взрывобезопасностью на этапах изготовления и эксплуатации;
- относительно низкой стоимостью топлив;
- экологической чистотой продуктов сгорания;
- малой чувствительностью к дефектам заряда твердого компонента;
- возможностью регулирования тяги и многократного включения.

Стандовый вариант демонстрационного ДГРД



Успешному применению ГРД способствуют новые технологические и конструкционные решения: применение зарядов твердого горючего "коврового" типа (скатанный в рулон заданного диаметра лист горючего из пластичного материала), неохлаждаемые корпусов и сопловых блоков двигательных установок (ДУ), изготовленных из стеклопластиковых и композиционных материалов и др.

При определении технического облика гибридного двигателя в любой области его использования основной проблемой является оптимизация энергомассовых характеристик. Решение этой задачи связано с выбором совершенной и надежной схемы ДУ, высокоэффективного топлива, а также качественных конструкционных и теплозащитных материалов.

Как известно, удельный импульс зависит не только от совершенства двигателя, но и от температуры и молекулярного веса продуктов сгорания. Поэтому желательно, чтобы топливо содержало в себе компоненты с наибольшей исходной плотностью, обеспечивало максимальное тепловыделение и давало продукты сгорания с возможно меньшим молекулярным весом. Компонентами гибридных ракетных топлив могут являться практически все горючие вещества и окислители. При этом не только "классические", ныне используемые, но и те, которые вследствие несовместимости непригодны для современных ЖРД или РДТТ.

В ГРД прямой схемы используются твердое горючее и жидкий окислитель, обеспечивающие наиболее высокий удельный импульс (обратная схема предусматривает применение твердого окислителя и жидкого горючего). Объем горючего, как правило, меньше объема окислителя, поэтому размеры гибридных ДУ прямой схемы превосходят габариты установок с РДТТ, но меньше размеров ДУ с ЖРД. Самыми простыми, хорошо освоенными, и в то же время достаточно эффективными являются гибридные топлива на основе полимерных углеводородных горючих. Наличие мощной сырьевой базы, хорошо развитого производства, а также низкая стоимость и нетоксичность таких топлив делают их наиболее перспективными для применения. В качестве твердого горючего применяют полиэтилен $(C_2H_4)_n$, синтетические смолы, каучуки и др., а в качестве окислителя - жидкий кислород O_2 , высококонцентрированную перекись водорода H_2O_2 , азотный тетроксид N_2O_4 и др.

Относительно низкая температура горения (3000...3600К) и небольшое давление в камере сгорания (1,5...3МПа) гибридного двигателя позволяют существенно (по сравнению с РДТТ и ЖРД) упростить и удешевить систему теплозащиты. При разработке и создании двигателей этого типа могут широко использоваться технические решения, технологические процессы, производственное и испытательное оборудование, применяемые при изготовлении РДТТ и ЖРД. Из "готовых" частей для РДТТ и ЖРД можно за полгода создать высоконадежный гибридный двигатель при относительно низкой стоимости разработки.

В Центре Келдыша создан демонстрационный образец гибридного ракетного двигателя тягой 3 тс. Он позволяет провести исследования рабочих процессов, энергетических характеристик ДУ, отработать конструкцию основных узлов, проверить работоспособность современных и перспективных теплозащитных и конструкционных материалов, а также получить экспериментальное

подтверждение принятых технических решений. Другая модификация демонстрационного ГРД имеет тягу до 3 тс и работает на компонентах: газообразный кислород + каучук, полимеры. Его структура позволяет гибко, в соответствии с задачами, изменять конструкцию ДУ. Сопловой блок этой модификации имеет диаметр критического сечения 49 мм (ВНДС-1) или 76 мм (УККМ). Корпус ГРД рассчитан на рабочее давление 6...8 МПа; массовый расход горючего $G_T = 1,25$ кг/с, массовый расход окислителя $G_{ок} = 8,75$ кг/с, время работы двигателя 30 с. Одной из задач огневых стендовых испытаний этого двигателя являлось экспериментальное определение расходно-тяговых характеристик.

При испытаниях стендового варианта ГРД требовалось определить удельный импульс тяги при различных соотношениях расходов окислителя и горючего. Важнейшим и к тому же уникальным практическим результатом испытаний указанного ГРД явилось непосредственное измерение силы тяги при работе на газообразном кислороде и экологически чистых горючих. Одновременно проводились исследования процессов горения, теплообмена и перемешивания. Как показали эксперименты, в камере сгорания были получены весьма высокие значения полноты давления (порядка 98 %), что свидетельствует о хорошем смесеобразовании компонентов.

Экономичность рабочего процесса в двигателе с учетом работы расширения газа в закритической части сопла оценивалась по величине удельной тяги $R_{уд}$, т.е. отношению измеренного значения силы тяги к секундному расходу топлива: $R_{уд} = R_{изм}/G_{\Sigma}$ ($G_{\Sigma} = G_{гор} + G_{окисл}$). Для сравнения теоретических результатов с экспериментальными при одинаковых условиях оценивалась удельная тяга в пустоте. Отношение измеренной удельной тяги в пустоте ($R_{уд,п}$) к ее теоретическому значению называется коэффициентом полноты удельной тяги в пустоте. Он определяет совершенство конструкции двигателя в целом. На номинальном режиме работы стендового двигателя полученные значения этого коэффициента составляли около 95 %, что подтверждает возможность получения на натурном двигателе значения не менее 0,98 (на компонентах кислород + каучук).

По методикам, разработанным в Центре Келдыша, были проведены расчеты энергетических характеристик ГРД и определен профиль контура сопла, обеспечивающего максимальную величину удельной тяги.

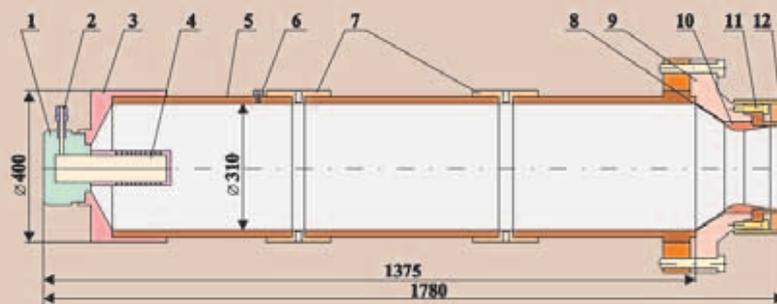


Схема исходного варианта демонстрационного образца ГРД (неснаряженный, без теплозащиты, воспламенителя и блоков твердого горючего):

- 1 - коллектор подачи окислителя, 2 - три штуцера подвода окислителя, 3 - передняя крышка,
- 4 - крышка блока форсунок, 5 - секция корпуса № 1, 6 - штуцер для датчика давления,
- 7 - муфты № 1 и № 2, 8 - теплозащита корпуса сопла, 9 - корпус сопловой,
- 10 - вкладыш сопла, 11 - разрывные болты, 12 - уловитель сопла

Удельный импульс тяги равен:
 $I_n = I_n^{та} \cdot (1 - \xi)$,
 где $I_n^{та}$ - термодинамический удельный импульс тяги;
 ξ - коэффициент суммарных потерь удельного импульса тяги.
 Некоторые из составляющих суммарных потерь удельного импульса тяги практически не зависят от конфигурации сверхзвуковой части сопла. Другие зависят, но величина по-

терь либо мала, либо слабо проявляется при постоянных значениях длины и степени расширения. Анализ показал, что при оценке энергетических характеристик сопла необходимо учитывать потери от воздействия процессов рассеяния, трения, осаждения (при наличии металла в составе горючего), а также химической неравновесности.

Экспериментально определенные величины удельного импульса тяги стендового варианта демонстрационного ГРД составили 258 с (компоненты: газообразный кислород + полиуретан) и 239 с (газообразный кислород + полиэтилен) при давлении в камере сгорания $p = 1,1...2,3$ МПа, что согласуется с теоретическими расчетами, учитывающими реальные потери.

Расчет удельного импульса тяги ГРД тягой 3 тс проводился для выбранного профиля сопла, удлинения сверхзвуковой части, равной $\bar{l}_a = l_a/d_a = 1$, и степени расширения $\bar{d}_a = d_a/d_{кр} = 3$. Профиль сверхзвуковой части сопла выбирался из семейства контуров с угловой точкой с равномерной характеристикой на входе. Энергетические характеристики определялись с учетом потерь на рассеяние, трение, излучение тепла, а также потерь вследствие уноса теплозащитных материалов и химической неравновесности.

Полученные в ходе эксперимента данные удовлетворительно согласуются с расчетами удельного импульса тяги демонстрационного ГРД тягой 3 тс. Можно сделать вывод о достижимости реальности удельного импульса тяги порядка 320 с, необходимого для ДУ первых ступеней ракет-носителей. Например, реальный удельный импульс демонстрационного ГРД тягой 3 тс, работающего на топливе жидкий кислород + бутылкаучук, может составить 321,9 с при давлении $p_k = 3,0$ МПа. Эта композиция обеспечивает наибольший удельный импульс ГРД прямой схемы на экологически чистых топливах, не содержащих металлов.



Блоки твердого горючего

DIGEST

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF HYBRID ROCKET ENGINE POWER CHARACTERISTICS

Several modifications of highly efficient hybrid rocket engines having very promising performances as compared with liquid-propellant or solid-propellant rocket engines were developed at M.V. Keldysh's Research Center. The 3-t power hybrid rocket engine demonstrator makes possible to study working processes and power characteristics, facilitates the design process of the main engine components. Another engine modification (with <3-t thrust) uses the following fuel components: gaseous oxygen + rubber + polymers, and its architecture enables flexible changes of the powerplant structure in compliance with technical requirements. The major and unique practical result of the engine tests is the direct measurement of thrust when operating with gaseous oxygen and ecology-friendly fuels. The experimental data are in good agreement with calculations of specific thrust pulse. It is possible to make conclusion that about 320-s specific thrust pulse is achievable. For example, actual specific pulse of the hybrid rocket engine demonstrator fueled by liquid oxygen+butyl can be 321.9 at 3.0-MPa pressure. This composition provides max. specific pulse of the "direct" engine scheme using ecology-friendly metal-free fuels.

Воздушные змеи капитана Ульянина и змей "КАПИТАН"

Константин Данилевский

"В мире существуют две стихии, которые люди в равной степени боготворят и проклинают: это Огонь и Ветер..."
Глеб Ухто ("Опыты", вероятно, 1381 г.)



Воздушный змей есть ни что иное как машина, преобразующая кинетическую энергию ветра в потенциальную энергию, ныне в практических целях почти не используемую. И напрасно...

В начале века в обсерватории Лидсберга (Германия) добились подъема воздушного змея на высоту более 7000 м. Начиная с 1894 г. воздушный змей систематически применялся для изучения верхних слоев атмосферы метеорологическими обсерваториями Германии, Франции и Японии.

Капитан французской армии Секконей установил рекорды грузоподъемности и высоты подъема на воздушных змеях (наблюдатель был поднят на высоту 950 м.) Осенью 1903 г. английский полковник Коди, конструктор воздушных змеев, переправился через пролив Ла-Манш из Кале в Дувр на лодке, буксируемой воздушным змеем. Первая радиосвязь через Атлантический океан была налажена посредством коробчатого воздушного змея: на нем поднимали антенну.

В 1897 г. начаты были работы и в России. При Павловской обсерватории в 1902 г. было открыто специальное змейковое отделение.

Мой отец, Николай Николаевич Данилевский, с 1905 г. был ближайшим помощником Сергея Николаевича Ульянина, который производил опыты по подъему тяжестей, а затем и людей при помощи воздушных змеев. В очерке "Русские Икары" он писал: "В отличие от существовавших в ту пору змеев (Харгава, Поморцева, Кузнецова) змеи Ульянина были весьма портативны. Двадцать штук свободно укладывались в одну двуколку. На сборку змея требовалось не более одной минуты, а на приведение в боевую готовность всей станции - не более 15 минут. Для подъема наблюдателя в зависимости от силы ветра требовалось от 7 до 11 змеев. Змеи обладали большой устойчивостью в воздухе. Наблюдателям удавалось на них подниматься до высоты 200 м. При сильном ровном ветре на змеях Ульянина поднимали 4 пассажира, и при этом не было ни одного несчастного случая".

Отличительная особенность конструкции Ульянина - нежесткое крепление крыльев, способствующее уменьшению площади змея при сильном порыве ветра, так как крылья змея отгибаются, растягивая резиновый амортизатор. Этим достигается относительно равномерное натяжение каната и уменьшается опасность его разрыва.

Змейковая система капитана Ульянина для подъема людей включала несколько последовательно закрепленных на общем леере (канате) змеев, лебедку, корзину с динамометром и балластными ящиками, а также систему боковых отяжек. Тщательно продуманная система крепления была исключительно надежна и безопасна.

Леер делался составным. Часть змеев прикреплялась к основному канату, часть к добавочному. В случае внезапного сильного порыва ветра обрывался добавочный канат (так как он имел меньшее разрывное усилие, чем основной канат) и корзина с наблюдателем, поддерживаемая оставшимися змеями, плавно и спокойно опускалась на землю. Боковые растяжки с балластными ящиками обеспечивали устойчивое, без раскачивания, положение корзины с наблюдателем.

В журнале "Воздухоплаватель" № 9 - 1910 г. Н.Н. Данилевский опубликовал статью "Воздушные змеи капитана Ульянина", в которой он описал конструкцию змея, змейковую систему, порядок запуска змеев, привел схемы и фотографии. В заключительной части статьи он отмечал: "Все эти положительные качества змеев, при их сравнительной дешевизне, невольно убеждают, что в некоторых случаях змеи принесут

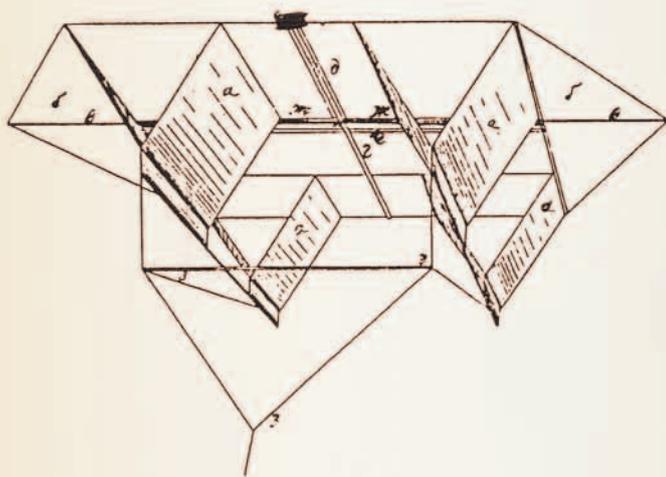


Схема змея капитана Ульянина

большую пользу и что, если каждую воздухоплавательную часть снабдить такой станцией, то кроме пользы для дела ничего не будет".

Во время первого Всероссийского праздника воздухоплавания в 1910 г. в Санкт-Петербурге состоялись запуски воздушных змеев системы Ульянина. Вот что писал сотрудник газеты "Новое время" И.В. Кравченко в сентябре 1910 г.: "Вдали от ангаров пускают змеев, к ним привязана корзина. Целый хвост записавшихся ждет своей очереди. Восемь змеев свободно поднимают человека. Много студентов. Поднимают двух начальников, одного певчего гренадерского полка. Восторг полный. Здесь, на Комендантском аэродроме, змеи играют роль забавы - на войне они необходимы. Простые по конструкции, они драгоценны для разведки..." Будучи командиром 10-го авиационного дивизиона, в 1916 г. капитан Н.Н. Данилевский написал рапорт вышестоящим руководителям с просьбой об организации снабжения дивизиона змейковой аэросъемочной станцией системы Ульянина.

После октября 1917 г. Н.Н. Данилевский занимал ответственные посты в военной и гражданской авиации (с 1923 по

1927 гг. был старшим инспектором Инспекции Гражданского Воздушного флота при УВВС) и предпринимал неоднократные попытки возрождения практического использования воздушных змеев в народном хозяйстве и в военном деле. К сожалению, попытки возродить "змеенавтику" оказались в то время безуспешными.

Теперь можно с уверенностью сказать, что с середины декабря 1999 г. возрождение змеенавтики началось. В сотрудничестве с "Росветром" удалось изготовить первую уменьшенную модель змея Ульянина в масштабе 1:2,5. Каркасы моделей змеев были обшиты сотрудницей фирмы "Росветер" Н.В. Легковой и студентом МАИ А.А. Казаковым. Змей получил условное название "Капитан". Он, как и воздушный змей капитана Ульянина, имеет отгибаемые крылья, треугольные мягкие коробки, каркас, обтянутый материей, уздечки. В отличие от змея Ульянина, выполненного из бамбуковых реек диаметром 30 мм, его уменьшенная копия изготовлена из березовых реек диаметром 8 мм с пластмассовыми втулками. Кроме того, в уменьшенной копии отсутствует дополнительный канат. Но даже такая упрощенная и уменьшенная копия может найти широкое практическое применение. Она может быть использована для подъема приборов, измеряющих параметры воздушной среды на различных высотах, фото- и телеаппаратуры, антенн для передачи телевизионного или радиосигнала. Возможно использование змеев для рекламных целей. Воздушные змеи Ульянина могут найти самое разнообразное применение и для выработки дешевой электроэнергии, и в качестве транспортного средства, и для развлечения.

Воздушные змеи-копии поднимали в воздух в Санкт-Петербурге на стадионе Академии Гражданской авиации, в Москве в Крылатском. Запускалась связка из двух змеев, и ее летные качества были признаны вполне удовлетворительными.



Капитан Ульянин и солдат стартовой команды на аэродроме в Гатчине

DIGEST

Kites are known from extreme antiquity, but only at the beginning of the XX century the preconditions were formed for a wide practical application of kites. So, Seckoney, the captain of France Army set up a record of load-carrying capacity and flight altitude for kites, and Cody, the English colonel, crossed La Manche in a boat towering by a kite. The first radio communication through Atlantic Ocean was established with help of an aerial lifted by a box kite.

At the beginning of the XX c. Sergey N. Ulyanin, the Russian enthusiast, made trials on cargo or man lifting by kites. A specific feature of Ulyanin's kites was flexible wing attachment which was a contributing factor for reducing the kite area when wind blowing and, consequently, providing flight safety.

Later on, the experiments with kites were shelved. Only in 1999, attempts aiming at rebirth of "kite-building" made a move ahead. The kites - copies were flying in the sky of St.-Petersburg at the stadium of Academy of Civil Aviation and at Krylatskoe in Moscow. They can find various fields of application such as the cheapest way of electric power generation, means of transportation and entertainment.

"СОДИК" - ЛИДЕР СРЕДИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Компания "СОДИК" (SODICK Co., Ltd.) была основана в августе 1976 г. Создали "СОДИК" конструкторы, много лет проработавшие под руководством Тосихико Фурукава (Toshihiko Furukawa) в фирме "ДЖАПАКС" (JAPAX Inc.), которая первой в Японии и одной из первых в мире начала производить электроэрозионные (ЭЭ) станки еще в 1953 г. Фирма была основана "отцом японской электроэрозии" К. Иноуэ, который вслед за супругами Лазаренко, первооткрывателями явления электроэрозии, и другими российскими учеными развернул исследования в Японии и внес наибольший вклад в организацию производства ЭЭ станков в своей стране.

"ДЖАПАКС" известна в России высокой надежностью оборудования, первые поставки которого пришлось на начало семидесятых годов. Всего в Россию поставлено около 200 единиц оборудования "ДЖАПАКС". Большинство станков эксплуатируются и сегодня. В частности, на воронежском АО "ВЗСАК" пять станков "ДЖАПАКС" работают без поломок с 1973 г. Однако в том же году фирма "ДЖАПАКС" прекратила выпуск станков под своей торговой маркой. Позднее, в апреле 1992 г., "ДЖАПАКС" формально вошла в компанию "СОДИК".

Основатели "СОДИК" покинули "ДЖАПАКС", чтобы самостоятельно воплощать свои оригинальные идеи в конструкции ЭЭ станков и разрабатывать технологии на новом качественном уровне. Опыт, приобретенный и наработанный ведущими специалистами "СОДИК" за годы работы в "ДЖАПАКС", послужил пусковой площадкой и стартовым научно-техническим капиталом для быстрого взлета новой фирмы.

Электроэрозионное оборудование с торговой маркой "СОДИК" появилось в России позднее станков других изготовителей и по этой причине не слишком известно. На заводах России эксплуатируется чуть более сотни ЭЭ станков "СОДИК", первые из которых поставлены покупателям в восьмидесятых годах.

Александр Лежепек, глава представительства "СОДИК" в Москве

Положение "СОДИК" на рынке ЭЭ оборудования

К концу восьмидесятых годов компания "СОДИК" прочно заняла ведущее место в мире по объемам производства и продаж электроэрозионного оборудования. "СОДИК" буквально взорвала рынок электроэрозии, обойдя за кратчайший срок целый ряд именитых фирм. Компания представила комплекс современных технологических направлений в обработке, обеспечивших совершенно новые возможности для потребителя.



В настоящее время компания производит ежегодно почти 2500 ЭЭ установок с числовым программным управлением (ЧПУ) - без малого четверть продаж станков такого типа на мировом рынке. В 1996 г. были проданы 2284 электроэрозионные системы с ЧПУ, в 1999 г. - около 2400 станков. Доля "СОДИК" на рынке Японии, самом емком и самом требовательном рынке электроэрозии, до недавнего времени составляла около 40 %. В 1999 г. эта доля возросла до 50 % благодаря началу массового производства на заводах "СОДИК" ЭЭ станков с линейными сервоприводами (впервые в отрасли). Более половины продукции "СОДИК" поставляется на экспорт. Всего в мире эксплуатируется свыше 35 000 ЭЭ систем, произведенных компанией "СОДИК".

По данным ежегодной публикации Blue Bulletin (сентябрь 2000 г.) журнала American Machinist, объем продаж "СОДИК" в 1999 г. составил \$288,7 млн. Среди производителей ЭЭ станков по объемам продаж компанию "СОДИК" опережает только объединение AGIE-Charmilles Holding. Однако в состав этого объе-

динения в 1999 г. входило по меньшей мере четыре фирмы, принадлежащие концерну Georg Fischer: AGIE, Charmilles, группа фирм Intech и Mecatool, при этом общий объем продаж холдинга составлял \$468,7 млн. Таким образом, даже по данным Blue Bulletin, компания "СОДИК" имела объем продаж, составлявший 61,5 % от соответствующего показателя AGIE-Charmilles Holding.

Конечно, показатели одного мирового рейтинга, даже самого известного, не в полной мере отражают реальную ситуацию. Но и эти данные позволяют сделать вывод, что в мировой таблице о рангах "СОДИК" обладает лидирующим положением среди изготовителей ЭЭ станков по объемам производства и продаж. Еще более убедительным такой вывод станет, если учесть, что в показателях "СОДИК" учитывается только продукция ее собственного производства, а в объемы продаж холдинга AGIE-Charmilles помимо собственных станков включена продукция тайваньских фирм (ЭЭ станки LC2, LC4, ЭЭ дрель HD8 и др). Кстати, по данным официального финансового отчета самой компании "СОДИК", за период с 1 апреля 1999 г. по 31 марта 2000 г. (японский финансовый год) объем продаж составил \$359,7 млн.

ЭЭ оборудование "СОДИК" - это синтез самых передовых, часто уникальных технологий с изящными и лаконичными конструкторскими решениями. Высокие технологии, примененные в конструкции станков, и высокотехнологичные функции систем не имеют аналогов в ЭЭ машинах других изготовителей. Компании "СОДИК" принадлежит больше патентов в области ЭЭ обработки, чем любому другому изготовителю подобного оборудования. Достаточно сказать, что патентов США (известно, что все изготовители ЭЭ оборудования патентуют свои разработки в США) у "СОДИК" больше, чем у всех европейских изготовителей электроэрозионных станков вместе взятых. Добавьте к этому непревзойденное японское качество, высокую надежность и безотказность, и станут понятными причины, по которым электроэрозионные системы "СОДИК" выбрали и выбирают для своих предприятий известнейшие фирмы-производители высокотехнологичного оборудования.

В перечне только известных фирм, на заводах которых работает ЭЭ оборудование компании "СОДИК", более 1000 названий. В аэрокосмическом производстве - это Boeing и Pratt&Whitney, General Electric и SNECMA, американское Национальное управление по авиации и космосу (NASA). В электронной промышленности - IBM, Bell Labs, AT&T, Hewlett-Packard, NEC, Toshiba. На ЭЭ станках "СОДИК" изготавливают инструмент на заводах Matsushita для знаменитых телевизоров и электронных приборов Panasonic, National, Technics. Продукция фирмы "СОДИК" работает на автомобильных заводах Chrysler, Fiat, Ford, GM, Honda, Hyundai, MAN, Nissan, Opel, SAAB, Toyota, Volvo.



Завод компании "СОДИК" в Фукуи



Завод компании "СОДИК" в Китае

Завод дочерней компании "СОДИК" в Китае

На уникальном ультрапрецизионном оборудовании "СОДИК" базируется практически все мировое производство штампов для гибких печатных плат. Не имеющая аналогов электроэрозионная проволочная вырезка в масле применяется всеми ведущими производителями часов в мире, включая именитые швейцарские фирмы. Масляные ультрапрецизионные станки "СОДИК" так или иначе используются при изготовлении престижных часов всемирно известных марок OMEGA, ROLEX, RADO, TISSOT, BREITLING, CHOPAD (всево в Швейцарии эксплуатируются более 100 станков "СОДИК", из них 14 - масляные вырезные модели AP150, AP200, AP200L).

В списках пользователей оборудования "СОДИК" такие известные производители, как Canon, Kyosera, JVC, Samsung, Gold Star, Bosch, Siemens, Citizen, Polaroid, Phillips, Gillette, Proctor&Gamble, Black&Deckel, De Beers, Mikron, Daewoo, Kawasaki, Pilot Pen, Omron, Huskey, 3M.

Среди покупателей продукции "СОДИК" в России можно назвать АО "Магнетон" из Санкт-Петербурга, "Электрозавод" из Москвы, АО "Зид" из Коврова, "Электроприбор" из Казани, "Автоагрегат" из Кинешмы, чебоксарский "Текстильмаш", владимирский "Автоприбор", "Аэросилу" из Ступино, "Восток" из Чистополя - всего более 50 предприятий, и перечень этот стремительно растет.

Где делают станки "СОДИК"

Административный и научно-технический (исследовательский) центр (НТЦ) компании "СОДИК" расположен неподалеку от Иокогамы. Из центра Токио до НТЦ можно добраться за 25 минут.

Самый старый завод в Фукуи (в западной части острова Хонсю), построенный в 1980 г., выпускает прошивочные ЭЭ установки с линейными сервоприводами, сверхпрецизионные "масляные" проволочные ЭЭ установки, ЭЭ "супердрели". Здесь же изготавливаются производственные линии из ЭЭ вырезных или прошивочных станков, предусматривающие полностью автоматизированную смену палет с заготовками, инструмента и т.п. На заводе имеется исследовательско-конструкторское отделение по разработке программ и электронных схем, отделение международной технической поддержки для многочисленных зарубежных покупателей, а также отделение планирования и обеспечения производства.

Другой завод, расположенный по соседству в городе Кага (построен в 1987 г.), имеет три отделения: полностью роботизированное отделение с многопалетными обрабатывающими центрами и складом (производство вырезных ЭЭ систем с линейными сервоприводами, а также керамических ультрапрецизионных станков); отделение по разработке и производству прецизионных термопластавтоматов; керамическое отделение (производство керамических деталей для ЭЭ станков, а также на заказ).

Важнейшим результатом многолетних исследований "СОДИК" является так называемая тонкая керамика FineXCera®, разрабо-



Завод компании "СОДИК" в Кага

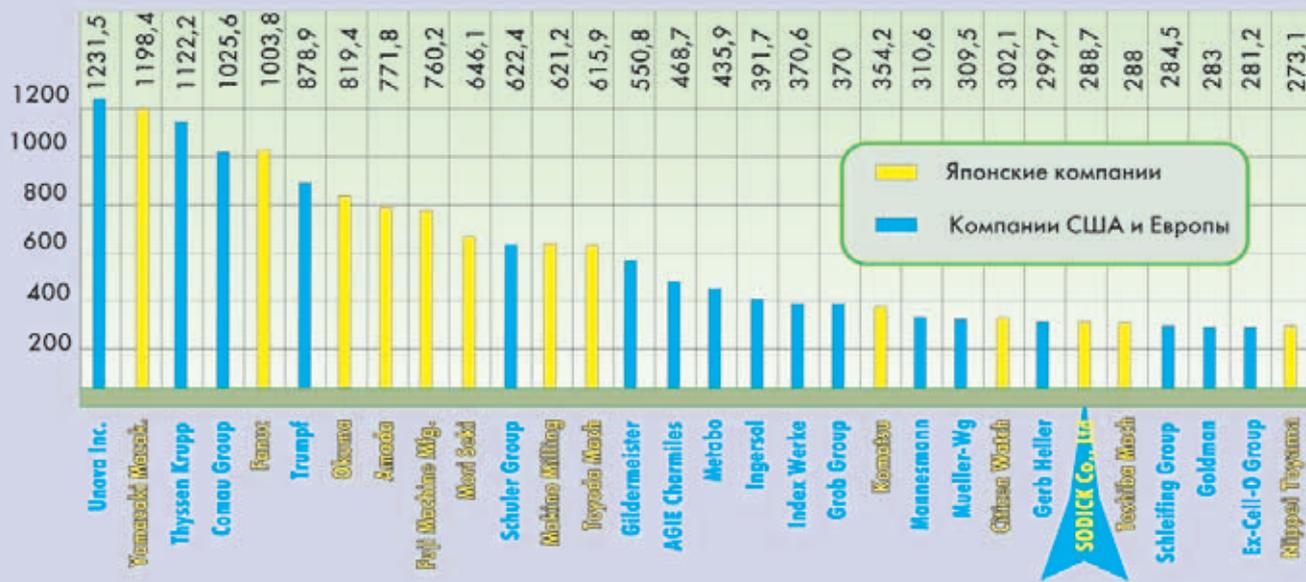


Завод SODICK (Thailand) Co., Ltd

танная специально для ЭЭ станков. Керамика обладает уникальной температурной стабильностью, решающим образом способствующей высочайшей точности обработки деталей. Керамическое отделение в Кага производит в месяц более 18 т тонкокерамических материалов по эксклюзивной технологии "СОДИК" - от подготовки и смешения компонентов до спекания и обработки.

В 1989 г. завершилось строительство наиболее современного завода компании "СОДИК" в промышленном районе Наванакорн близ Бангкока (Тайланд). Завод выпускает гамму моделей проволочно-вырезных и координатно-прошивочных ЭЭ установок с ЧПУ и линейными сервоприводами. Подобно заводу в Кага, это предприятие располагает собственным керамическим производством. В середине девяностых вошла в строй вторая очередь завода. В 1999 г. на предприятии было развернуто производство печатных плат.

Японская система контроля качества и подготовки персонала (5 % работающих на тайландском заводе специалистов и уп-



равленцев - японцы, прежде работавшие на заводах "СОДИК" в метрополии) обеспечивают высочайший уровень и качество производимых станков. Меньшие затраты на оплату труда в Тайланде означают для покупателей "СОДИК" умеренные цены на оборудование при высочайшем японском качестве. Потребители получили возможность приобретать ЭЭ оборудование, превосходящее по уровню самые совершенные европейские образцы, и при этом экономить.

Продолжая эту политику, в 1995 г. компания "СОДИК" построила новый завод под Шанхаем в Суджо. Он ориентирован на производство вырезных ЭЭ станков. В настоящее время завод производит электроэрозионную проволочно-вырезную установку AQ550L для Китая, США и Японии.

Все заводы "СОДИК" сертифицированы в соответствии с требованиями систем контроля качества стандартов ISO 9002-1994 / BS EN ISO 9002: 1994 / EN-ISO 9002-1994 / JIS Z9902-1994. В Европу поставляется оборудование с сертификатом CE.

Гибкая система управления производством с эффективными обратными связями обеспечивает фирме "СОДИК" контроль над многочисленными подрядчиками и субподрядчиками, дает возможность снижения производственных затрат, позволяет быстро и гибко обновлять производство. "СОДИК" - одна из немногих фирм, творчески использующая рекомендации своих подрядчиков и субподрядчиков для совершенствования производства.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА "СОДИК"

Сегодня компания "СОДИК" предлагает потребителям следующие образцы оборудования.

1. Электроэрозионные проволочно-вырезные установки с 32/64-разрядными ЧПУ-устройствами (до 8 осей одновременно управления):

- серия "AQ_L" (AQ325L, AQ535L, AQ550L, AQ750L, AQ800LF) - прецизионные ЭЭ погружные установки проволочной вырезки в воде с линейными сервоприводами, антиэлектролизная система Super BS. Применены ЧПУ-устройства LN1W и LN10W с сенсорными жидкокристаллическими дисплеями, процессором Pentium-166, опера-

тивной памятью 64 МВ, операционной системой Windows NT (достигаемая точность обработки детали 4...5 мкм/300 мм);

- серия "AP_L" (AP200L, AP450L) - сверхпрецизионные установки ЭЭ вырезки в углеводородном диэлектрике (масле) и/или с комбинированной диэлектрической системой (быстрое резание в воде и чистовые проходы в масле с улучшением качества поверхности) и линейными сервоприводами. Чистовое выхаживание до $\nabla 11...12$ класса (достигаемая точность обработки на детали 2...3 мкм/300 мм);

- серия "EXC" (EXC100) - ультрапрецизионные полнокерамические установки ЭЭ вырезки в углеводородном диэлектрике (масле) (достигаемая точность обработки на детали 0,5...1,5 мкм).

2. Электроэрозионные координатно-прошивочные установки с 32/64-разрядными ЧПУ-устройствами (до 8 осей одновременно управления) и линейными сервоприводами:

- серия "AM_L" (AM3L) - многофункциональная сверхпроизводительная координатно-прошивочная ЭЭ установка с линейным сервоприводом по оси Z;

- "AQ_L" (AQ35L/LR, AQ55L/LR, AQ75L/LR) - многофункциональные сверхпроизводительные прецизионные координатно-прошивочные ЭЭ установки с линейными сервоприводами по осям X, Y и Z;

- "A_L" (A85L(R), A10L) - крупногабаритные прошивочные ЭЭ установки с линейным сервоприводом по оси Z;

- Системы "PIKA" (PGM) - для быстрого зеркального выхаживания в масле PIKAGEN. Класс шероховатости $\nabla 10...11$ на больших площадях (> 100 см²).

3. Серия "K" - ЭЭ "супердрели" с ручным управлением или системой ЧПУ, включая модель с линейным серводвигателем по оси Z.

4. Серия "MC" - вертикальные обрабатывающие центры с керамическим шпинделем, включая сверхпрецизионный центр с линейными приводами MC180.

5. FineXCera® - конструкционные части станков из специальных тонких керамик.

6. SNT, TPH, SWS - специализированная инструментальная оснастка для ЭЭ установок.

7. Die-Pro - системы CAD / CAM для инструментальной оснастки.

8. TUPARL - ультрапрецизионные термопластавтоматы.



Почему ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ СТАНКИ С ЛИНЕЙНЫМИ ПРИВОДАМИ намного производительнее обычных ЭЭ станков ?

Как это ни парадоксально, главная причина не в скорости линейных серводвигателей SODICK, а в их фантастической точности

Sodick

ВПЕРВЫЕ ! Линейные сервоприводы в ЭЭ станках

Для справки: Электроэрозия, как метод точной обработки твердых металлов, была открыта в России в конце 30-х годов. Спустя 60 лет насыщенность российского производства электроэрозионным оборудованием составляет в лучшем случае 1/50 от уровня Японии и 1/30 от уровня США.



Проволочно-вырезная ЭЭ обработка
Поверхность 7-го класса шероховатости
всего за два прохода вместо трех!
Поверхность 9-го класса шероховатости за
три прохода вместо четырех-пяти!
Высочайшая точность!

ЛИНЕЙНЫЕ СЕРВОПРИВОДЫ - БУДУЩЕЕ СТАНКОСТРОЕНИЯ

ИНСТРУМЕНТ В ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКЕ – ИСКРОВЫЕ РАЗРЯДЫ.

Характеристики искровых разрядов в значительной степени зависят от величины искрового (межэлектродного) зазора. Оптимальный зазор – это оптимальные режимы обработки и, следовательно, максимальная производительность. Если зазор больше или меньше, чем нужно, теряется производительность и качество. В идеале в каждый момент рабочей сервоподачи зазор должен быть равен командному значению (задаваемому КЧПУ).

Координатно- прошивочная ЭЭ обработка

Один "линейный"
ЭЭ станок вместо
двух станков с
обычными приводами



Обычные приводы из-за больших потерь в механизмах преобразования вращательного движения в линейное, инерционности и т.д. обеспечивают подачу электрода в командные точки лишь с точностью в "десятку" или, в лучшем случае, в "сотку". В результате ЭЭ станок с обычными приводами только малую часть времени работает с оптимальными искровыми зазорами и, соответственно, в оптимальных энергетических режимах (режимах наибольшей производительности).

В линейных сервоприводах нет преобразования вращательного в линейное движение, нет шаровинтовых пар, нет зубчатых или ременных передач - двигатель перемещает прежде всего сам себя. Точность подач - микроны и доли микрона. В результате, в каждом ходе сервоподач достигается идеальный межэлектродный зазор, а в каждом рабочем цикле - идеальные энергетические режимы, что обеспечивает резкий рост и скорости, и качества ЭЭ обработки.

Будьте первыми!

ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО ИЗ ЯПОНИИ

Прошивочные и вырезные ЭЭ установки SODICK с высокоточными и динамичными линейными сервоприводами, ЭЭ "супердрели". ГАРАНТИЯ - 2 ГОДА. Поставка со складов в Гамбурге или в Москве (за рубли) в течение 2 - 3 недель. Организация лизинга.

Представительство в Москве:
Тел.: (095) 725-3603, 214-9801.
Факс: 214-1842.

E-mail: sodicom@sodick-euro.ru
www.sodick-euro.ru

Технический центр: (095) 964-2598

