

# Двигатель

Научно-технический журнал №6 (18) ◀ 2001



**Создание  
совершенного  
двигателя  
невозможно без выполнения исследовательских и  
конструкторских работ и развития производства**



## Редакционный совет

**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 НПП "ЭГА", Москва

**Иноземцев А.А.,**

ген. директор - ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"

**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

**Новиков А.С.,**

ген. директор ММП им. В.В. Чернышова

**Романов В.И.,**

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

**Русак А.Д.,**

начальник Департамента локомотивного хозяйства МПС РФ

**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. Люлька-Сатурн"

**Черваков В.В.,**

декан факультета авиадвигателей МАИ

**Чуйко В.М.,**

президент Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения"

**Шапошников Е.И.,**

советник Президента РФ по авиации и космонавтике

**УЧРЕДИТЕЛЬ и 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,  
Игорь Никитин, 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,

Льва Берне,

Александра Медведа

**Адрес редакции журнала "Двигатель":**

111250, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (095) 362-39-25

Факс: (095) 362-39-25

E-mail: engine@zfel.ru,

engine@avias.com

Internet: www.engines.da.ru,

www.engines.avias.com

.....  
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

№ 6 (18) ноябрь-декабрь 2001

**2** *Состояние и перспективы автомобильного двигателестроения*

В. Луканин

**6** *Новая камера сгорания двигателей УЗАМ*

В. Лесунов

**9** *Надежность по разумным ценам*

В. Хватов

**10** *Заволжские моторы - сегодня и завтра*

Интервью с П. Голубевым

**12** *Малоразмерные автотракторные турбокомпрессоры*

Н. Гатауллин, Г. Гафуров, А. Галеев и др.

**14** *Проблемы холостого хода на инжекторных автомобилях ВАЗ*

Ю. Черемных

**16** *ОАО "Турбомоторный завод"*

В. Шаблаков

**18** *Танковое двигателестроение НАТО готовится к скачку*

В. Подгаецкий, Т. Смирнова

**22** *Современные информационные технологии на НПП "Машпроект"*

А. Бадюков

**24** *К выбору компонентов ракетного топлива*

Г. Самарин

**26** *Структура течения вблизи газодинамических рулей*

Ю. Кочетков, Д. Борисов

**28** *Что хранят архивы*

В. Рахманин

**29** *Не боги горшки...*

В. Аршинов

**30** *Авиационные технологии в энергетике*

Ю. Елисеев, В. Беляев, А. Косой

**33** *Где и как готовить специалистов?*

А. Идин

**34** *На пути к всережимному топливному насосу*

В. Петров, Ф. Олифинов, Ю. Демьяненко и др.

**37** *Вгрызаясь в твердь земную*

А. Мезенцева

**38** *Авиационная промышленность после войны*

Н. Александров

**42** *Александр Микулин, человек-легенда*

Л. Берне, В. Перов

**47** *Защитник*

(к 60-летию битвы под Москвой)

В. Гуров



22



38



33



2



16



10



18



# СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

Валентин Луканин,

член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор МАДИ (ГТУ)

Две важнейшие проблемы, которые сегодня волнуют все человечество: истощение ресурсов жидкого углеводородного топлива и загрязнение атмосферы, самым непосредственным образом связаны с автомобилестроением. Только в нынешнем году российские автозаводы построили около 750 тысяч легковых автомобилей, а с учетом ввезенных в страну иномарок парк автотехники вырос примерно на 900 тысяч единиц. За это же время было выведено из эксплуатации не более полумиллиона автомобилей, поэтому нефтеперерабатывающие компании могут рассчитывать на увеличение спроса их продукции. Напряженность экологической обстановки в городах с миллионным населением зависит, прежде всего, от количества эксплуатируемых средств автотранспорта. В связи с этим перед создателями поршневых двигателей внутреннего сгорания, предназначенных для автомобилей будущего, стоит задача резкого повышения их топливной эффективности в сочетании со снижением токсичных и нетоксичных выбросов. Предпосылками к успеху могут послужить результаты научных исследований, выполненных как различными проектно-конструкторскими организациями отрасли, так и соответствующими вузовскими кафедрами.

## Совершенствование дизельных двигателей

На рубеже XXI века произошли коренные изменения во взглядах на облик автомобильных дизелей. Ушли в прошлое дизельные двигатели с разделенными камерами сгорания, прежде применявшиеся на грузовых автомобилях. Новые модели дизелей для легковых автомобилей также имеют нераздельные камеры сгорания (непосредственного впрыскивания).

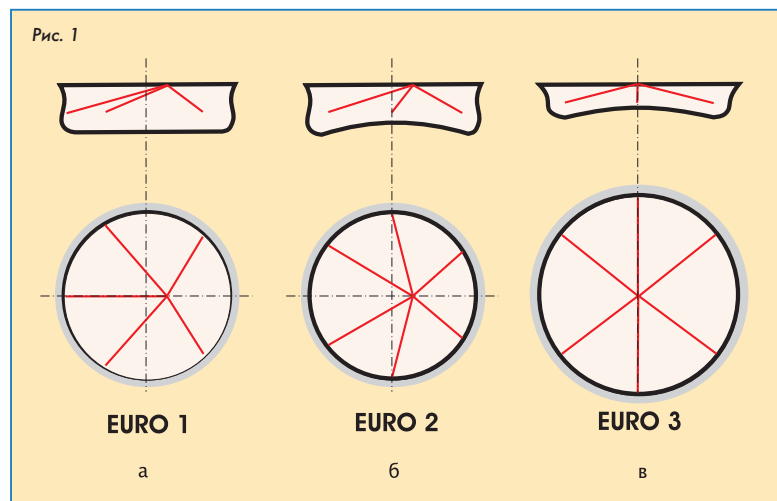
Для подавляющего большинства новых моделей автомобильных дизельных двигателей характерны осесимметричный процесс смесеобразования, 4-клапанное газораспределение, турбонаддув (обязательно управляемый у дизелей, предназначенных для легковых автомобилей) с промежуточным охлаждением воздуха. Типичными чертами топливных систем стали высокое давление впрыскивания и возможность гибкого управления не только дозой впрыскиваемого топлива и моментом начала впрыскивания, но нередко и уровнем давлений впрыскивания, а также формой характеристики подачи топлива.

Дизели для грузовых автомобилей имеют умеренную частоту вращения на номинальном режиме, обычно она составляет 1900...2100 мин<sup>-1</sup>. В высокооборотных дизелях легковых автомобилей (с  $n_{ном} = 4500$  мин<sup>-1</sup> и более) для обеспечения комфорта пассажиров применяются способы снижения акустического излучения, в частности, предварительное впрыскивание малых доз топлива (1,5...3 мм<sup>3</sup>/цикл), а также ступенчатое впрыскивание с использованием двухпружинных форсунок. Ведутся работы по созданию системы, обеспечивающей многократное впрыскивание с оптимально подобранными интервалами, которое обеспечивает радикальное снижение выбросов твердых частиц.

Рис. 1 иллюстрирует совершенствование формы камеры сгорания грузовых автомобилей под действием все более жестких норм по вредным выбросам. Вместо смещенных относительно

оси цилиндра распылителей, через которые осуществлялось впрыскивание 5-6 струй с различной свободной длиной до встречи со стенками, и достаточно глубоких камер сгорания сравнительно небольшого диаметра в настоящее время получили распространение распылители, впрыскивающие до 8 струй, и расположенные на оси неглубоких камер сгорания большого диаметра. Такое изменение способа организации смесеобразования обеспечило одинаковые условия сгорания для всей порции впрыскиваемого топлива и способствовало снижению выбросов твердых частиц и других продуктов неполного сгорания.

Камеры сгорания дизелей грузовых автомобилей имеют относительный диаметр  $d_{к}/D = 0,8...0,83$ , а впрыскивание производится через семь-восемь сопловых отверстий достаточно малого диаметра



ра ( $d_{co} = 0,18...0,2$ ). Интенсивность вихревого движения заряда в камерах этого типа весьма небольшая. Давление впрыскивания достигает 180...200 МПа. Конструкция деталей, как правило, рассчитана на высокое давление в цилиндре ( $p_2 = 13...18$  МПа), что существенно важно для обеспечения высокой экономичности при больших степенях форсирования дизелей с помощью наддува.

В дизелях легковых автомобилей применяются камеры сгорания с суженной горловиной, относительный диаметр которой близок к 0,5. На рис. 2 показаны варианты камер, которые проходили испытания при оптимизации процессов смесеобразования и тепловыделения в одном из дизелей легкового автомобиля. Оптимальной оказалась камера, показанная на рис. 2в. Применением тангенциальных и винтовых впускных каналов создается достаточно интенсивное вращение заряда относительно оси цилиндра. Ниже горловины диаметр камеры увеличен. В результате, при вытеснении заряда из надпоршневого пространства собственно в выемку в поршне под горловиной создается вторичный вихрь в виде окружности с горизонтальной осью. Струи, которых обычно пять-шесть, подаются в зоны повышенной турбулентности под горловиной камеры сгорания. Вихревое движение заряда автоматически интенсифицируется с ростом частоты вращения дизеля. Это позволяет избежать увеличения длительности смесеобразования и тепловыделения. Давление впрыскивания достаточно высокое - от 1300 до 1600 МПа. В некоторых конструкциях осуществляется управление вихрем путем прикрытия заслонки, расположенной в прямом, так называемом наполнительном, канале.

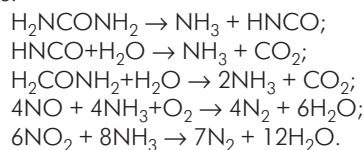
В обоих типах дизелей размеры камеры сгорания, плотность заряда в цилиндре, диаметр силовых отверстий давления и характер впрыскивания (а нередко и интенсивность вихревого движения заряда) оптимизируется так, чтобы жидкое топливо не ложилось на стенки камеры сгорания.

Из внутрицилиндровых способов снижения вредных выбросов наиболее часто применяются рециркуляция части отработавших газов и задержка начала впрыскивания. При мелком распыливании и в целом оптимизированном процессе смесеобразования задержка начала впрыскивания не ведет к заметному ухудшению экономичности и повышению дымления дизеля.

Большинство моделей дизелей удовлетворяет нормам Евро-3 без применения внецилиндровой обработки выпускных газов. В некоторых моделях нормы Евро-3 выполняются с применением рециркуляции части отработавших газов. На рис. 3 в поле режимов работы дизеля легкового автомобиля приведены изолинии процесса рециркуляции газов. Видно, что увеличение относительного количества рециркулируемых газов (по массе) применяется при малых нагрузках на дизель (т.е. при малых цикловых подачах топлива). Для выполнения перспективных норм по вредным выбросам (Евро-4 и Евро-5) намечались два основных метода решения проблемы.

Первый из них предусматривает применение управляемых топливных систем, обеспечивающих высокое давление впрыскивания (до 200 МПа и более), мелкое распыливание топлива, смесеобразование, при котором минимизируются выбросы твердых частиц, и использование на выпуске нейтрализаторов типа  $DeNO_x$ , активно восстанавливающих оксиды азота (активным веществом в таких нейтрализаторах является мочевина  $H_2NCONH_2$ ).

Реакции, идущие в таком нейтрализаторе, можно представить в следующем виде:



Реализацию первого метода могут обеспечивать топливные системы следующих типов:

- насос-форсунки с механическим приводом и дозированием топлива с помощью электромагнитных (ЭМ) клапанов;
- аккумуляторные топливные системы (АТС) с электроуправляемыми гидроприводными насос-форсунками (ЭНФ), в которые встроены мультипликаторы давления;

- аккумуляторные топливные системы с механическим приводом плунжера, аккумулятором, расположенным в насос-форсунке, и двумя ЭМ клапанами, один из которых управляет величиной хода плунжера до начала перепуска топлива (и давлением в аккумуляторе), а второй - подъемом иглы распылителя.

Второй метод предусматривает применение управляемых топливных систем, обеспечивающих умеренно высокие давления впрыскивания (130...160 МПа) и отличающихся менее интенсивным процессом смесеобразования и тепловыделения, чем в первом случае. В таких системах также осуществляется рециркуляция части выпускных газов и задержка начала впрыскивания, как и другие способы, направленные на обеспечение "мягкого" процесса (предварительный и ступенчатый впрыск). В выпускных трактах предусматривается использование регенерируемых фильтров твердых частиц и окислительных нейтрализаторов.



В этом случае чаще всего для впрыскивания топлива применяются секционные насосы, расположенные вблизи цилиндров и поэтому соединенные с форсунками короткими топливопроводами. Дозирование осуществляется с помощью ЭМ клапанов, широкое распространение получили АТС с электрогидравлическими форсунками (ЭГФ).

Существенное усложнение конструкции дизелей как в первом, так и во втором случае оказывается необходимым, в частности, по той причине, что уже в нормах Евро-4 предусматривается снижение выброса твердых частиц в пять раз по сравнению с нормами Евро-3.

Одновременно ведутся работы по радикальному снижению содержания в топливе серы (до 20...30 чмн) и совершенствованию конструкции цилиндропоршневой группы. В качестве одной из важнейших задач рассматривается уменьшение попадания масла в камеру сгорания, так как именно наличие масла, сгорающего в камере, и высокое содержание в топливе серы являются основными причинами появления твердых частиц в отработавших газах.

К сожалению, в связи с известными трудностями отечественной экономики, моторостроительные заводы не смогли быстро и адекватно отреагировать на достижения мировой и отечественной науки, в том числе и на результаты работ, проводившихся в МАДИ (ГТУ). В результате, внедрение новинок на заводах происходит с большим опозданием, лишь в последние годы, да и то весьма робко.

ОАО КамАЗ и ЯМЗ подготовили ряд образцов дизелей, сертифицированных по нормам Евро-2. Выполнения норм удалось добиться благодаря переходу на модели с охлаждаемым наддувом, уменьшению "вредных" объемов камер сгорания, форсированию применяемых топливных систем разделенного типа по давлению впрыскивания и совершенствованию конструкции дизелей с целью уменьшения расхода масла. В настоящее время ведутся работы по применению секционных встроенных в дизель насосов с управлением подачей топлива при помощи ЭМ клапанов.



Начаты также работы по созданию АТС с электрогидравлическими форсунками. Ясно, что только существенная интенсификация этих работ с максимальным привлечением результатов, достигнутых российскими разработчиками еще в восьмидесятых - начале девяностых годов минувшего столетия, может изменить положение. В противном случае введение в России норм, действующих во всем остальном мире, затянется на десятилетия.

Дизели для легковых автомобилей ВАЗ с рабочим объемом 1,5...1,9 л выпускаются АО "Барнаултрансмаш". Они относятся к типу двигателей с разделенной (вихревой) камерой сгорания и одноплунжерным ТНВД распределительного типа (фирмы Bosch). Для легковых автомобилей "Москвич" и ВАЗ предполагается закупка дизелей фирмы Renault. ОАО ГАЗ приступило к выпуску дизелей по лицензии фирмы Steyr с насос-форсункой и электронным регулятором частоты вращения.

Для грузовых автомобилей средней грузоподъемности и автобусов средней вместимости (типовой представитель ЗИЛ-5301) требуется четырех- или шестицилиндровый дизель рабочим объемом 4...6 литров. Действующего производства таких дизелей в Российской Федерации нет. Потенциальным производителем является АО "Автодизель" (Ярославль), разработавшее образцы дизеля серии 530 с диаметром цилиндра 102 мм и ходом поршня 122 мм, которые проходят испытания. Дизель имеет высокий наддув, обеспечивающий максимальное среднее эффективное давление, равное 2 МПа. Он укомплектован индивидуальными (встроенными в блок цилиндров) топливными насосами высокого давления и электронным регулятором частоты вращения.

Большегрузные автомобили и автобусы большой вместимости комплектуются восьмицилиндровыми дизелями нескольких семейств с рабочим объемом от 6 до 18 литров. Традиционными производителями дизелей указанного типоразмерного ряда являются АМО-ЗИЛ, АО "Автодизель" и АО "КАМАЗ".

Автомобили особо большой грузоподъемности (типовой представитель - самосвалы БелАЗ) комплектуются 12-цилиндровыми дизелями с рабочим объемом 22...27 л. Производством таких дизелей занимаются АО "Тутаевский моторный завод" и АО "Автодизель".

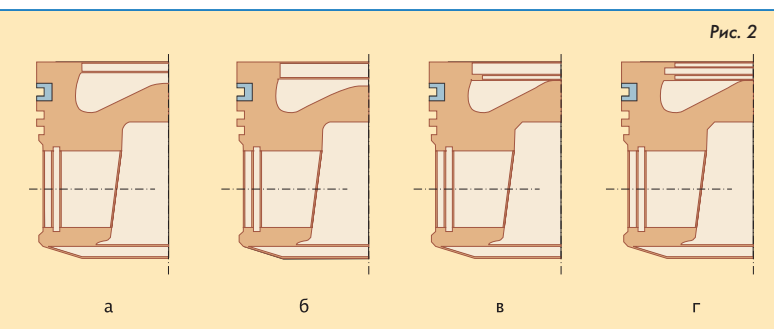


Рис. 2

## Совершенствование бензиновых двигателей

Повышение топливной экономичности и выполнение нормируемых экологических показателей остаются основными направлениями, определяющими развитие бензиновых двигателей. При этом экономические и экологические показатели оказывают влияние не только на период эксплуатации, но и на весь жизненный цикл автомобиля.

Отечественная автопромышленность существенно отстает от уровня, достигнутого за рубежом. Российские автомобили не могут конкурировать с автомобилями большинства зарубежных фирм на внешнем рынке. На внутреннем рынке конкурентная способность отечественных автомобилей обеспечивается только их низкой стоимостью.

Ведущими российскими автозаводами подготовлены модели автомобилей, которые обеспечивают выполнение норм Евро-3. Добиться этого удалось благодаря применению нейтрализаторов отработавших газов и введению микропроцессорного управления. Однако уже в ближайшие годы потребуются наладить производство автомобилей, удовлетворяющих нормам Евро-4.

Все известные концепции бензиновых двигателей, которые могут удовлетворить нормам Евро-4, предусматривают внедрение коренных изменений в конструкцию двигателей и существенное развитие систем управления.

Нормы Евро-4 не могут быть выполнены без создания двигателей с гибким многопараметрическим управлением рабочим процессом и использования адаптивных самонастраивающихся и самообучающихся систем управления.

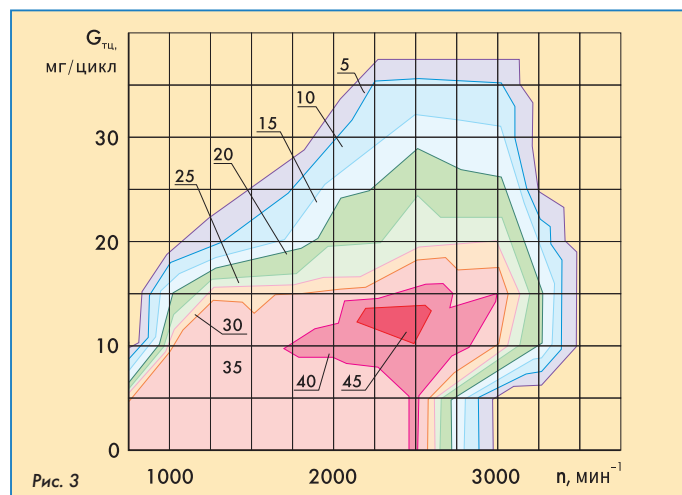


Рис. 3

Более того, создание конкурентоспособных моделей автомобилей потребует применения электронных информационно-управляющих комплексов, объединяющих управление автомобилем и двигателем.

Создание таких автомобилей и двигателей невозможно без выполнения большого объема исследовательских и конструкторских работ. Для организации производства столь сложных технических объектов необходимы очень большие инвестиции. Неизбежным следствием этого станет увеличение стоимости отечественных автомобилей, что может привести к потере способности отечественных автомобилей конкурировать с зарубежными автомобилями даже на внутреннем рынке.

С целью максимального улучшения показателей двигателей необходимо использование методов и систем, позволяющих управлять рабочими процессами двигателя и добиваться наилучшего их протекания на каждом из режимов функционирования двигателя.

К настоящему времени разработано большое число вариантов устройств, позволяющих управлять протеканием важнейших процессов, происходящих в двигателе и, в частности, процессами газообмена, подачи топлива, смесеобразования, воспламенения, сгорания, наддува, образования токсичных веществ, полной превращения теплоты в работу, а также охлаждением, степенью сжатия, рабочим объемом и др.



Соответствующее управление рабочими процессами необходимо не только на установившихся режимах работы двигателя, но и, тем более, на переходных режимах. Именно на этих режимах имеются наибольшие резервы для повышения качества функционирования двигателей. Примерами могут служить режимы пуска и прогрева двигателя, режимы сброса и быстрого увеличения нагрузки. Сегодня основная доля токсичных выбросов двигателей автомобилей, оснащенных достаточно эффективными нейтрализаторами ОГ, выбрасывается в атмосферу при работе двигателей на неустановившихся режимах. Совершенствование работы двигателя на этих режимах связано не только с разработкой методов воздействия на протекание процессов, но и с совершенствованием системы управления и алгоритмов ее работы.

В программных и программно-адаптивных системах управления с локально-замкнутыми контурами управление строится на основе информации, получаемой в предыдущий момент времени, т.е., как минимум, в предыдущем рабочем цикле. Для оптимизации работы двигателя на переходных режимах необходимо строить управление с упреждением. Это возможно при использовании метода управления по динамическим моделям и применении соответствующих корректоров.

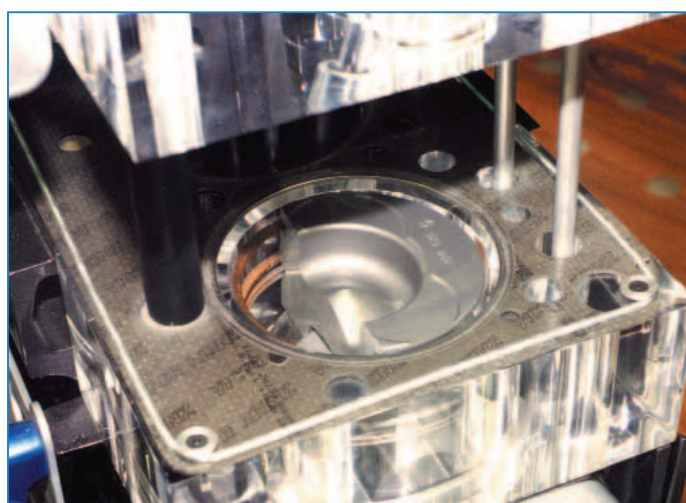
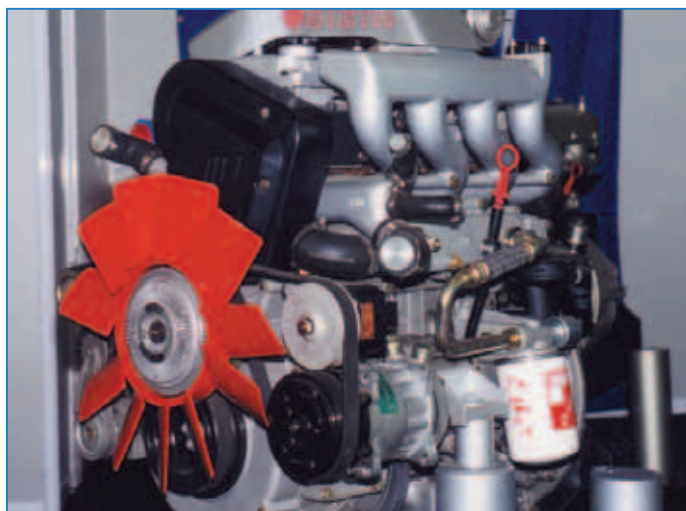


за, эфиры растительных масел, низшие спирты и их эфиры и др. Это связано как с удорожанием нефтепродуктов и истощением соответствующих ресурсов, так и с ужесточающимися требованиями к показателям качества топлив.

Совершенствование рабочего процесса и конструкции двигателей неизбежно ведет к тому, что свойства топлив все в большей степени становятся "лимитирующим" фактором для выполнения жестких требований по нормам токсичности отработавших газов. При налаживании производства перспективного топлива необходимо стремиться к компромиссу между оптимальными показателями качества как с точки зрения эффективности и себестоимости производства, так и с точки зрения эффективности их использования в двигателях с учетом все более жестких ограничений по экологическим характеристикам.

В настоящее время разработка требований к свойствам перспективных топлив с позиции наиболее эффективного их применения в поршневых двигателях внутреннего сгорания становится весьма актуальной задачей для двигателестроения в целом. Наиболее вероятно, что в ближайшем будущем перспективные топлива будут представлять собой углеводородную основу, (производимую из нефти, угля, газа или растительного сырья) с добавлением различных компонентов (эфиров, спиртов, специальных присадок и пр.), обеспечивающих заданные показатели этих топлив.

**Весьма актуальной задачей для России является использование в автомобильных двигателях газовых топлив как с позиции экологии, так и с позиции рационального использования топливных ресурсов страны. В части использования этих топлив в ДВС в стране ведутся широкие исследования, и здесь достаточно значительную работу по конвертации дизелей на газовое топливо выполняет кафедра "Теплотехника и автотракторные двигатели" МАДИ (ГТУ).** ◀



В частности, большие возможности по улучшению динамического управления бензиновыми двигателями связаны с заменой механической связи "педаль газа - орган, управляющий наполнением двигателя" (дрессельная заслонка или управляемый механизм газораспределения) на электрическую связь. В этом случае появляется возможность корректировки закона изменения наполнения двигателя в функции от времени и, соответственно, прогнозирования необходимого воздействия на рабочие процессы двигателя. Другая возможность прогнозирования управления связана с переходом от управления "по наполнению" (по цикловому расходу воздуха) к управлению "по крутящему моменту".

### Совершенствование топлив

Химические и эксплуатационные свойства нефтяных топлив (вязкость, плотность, сжимаемость, прокачиваемость, воспламеняемость, низкотемпературные свойства и др.) обеспечивают современным двигателям надежный пуск и подачу топлива, а также качественное смесеобразование на всех режимах работы в широком диапазоне изменения внешних условий. Нефтяные топлива удобны при хранении, транспортировке и эксплуатации. Они обеспечивают возможность массового производства при относительно невысокой стоимости.

Вместе с тем, в настоящее время расширяются масштабы применения топлив с измененными (отличными от товарных) показателями качества вследствие их изготовления из альтернативных сырьевых ресурсов, применения смесевых топлив и др. В большинстве прогнозных оценок утверждается, что помимо газовых топлив во все возрастающем объеме вскоре будут использоваться искусственные (синтетические) топлива из угля и природного га-



# НОВАЯ КАМЕРА СГОРАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ УЗАМ

**Валерий Лесунов,**  
генеральный директор ОАО "УМПО"

**Возросшие требования экологичности, безопасности, растущие запросы потребителей заставляют производителя постоянно совершенствовать выпускаемую продукцию. Но на определенном этапе возникает вопрос о полной замене выпускаемого образца новым изделием, с более высоким техническим уровнем, соответствующим современным стандартам качества и экологии, с большими возможностями модернизации.**

Выпускаемые в настоящее время двигатели имеют серьезные недостатки: низкие (по современным меркам) удельные и агрегатные параметры эффективной мощности и эффективного момента, плохие пусковые качества при низкой температуре окружающего воздуха, высокий уровень механических потерь, неудовлетворительные характеристики по шуму. Причины обычно связаны как с конструктивными особенностями, так и с существующей технологией производства автомобильных двигателей.

Анализ конструкции двигателя показывает, что большинство из перечисленных выше недостатков во многом определяется неудачной формой камеры сгорания, образованной элементами двух сферических поверхностей (см. рис. 1а) - головки блока и днища поршня. Электроды свечи расположены у края камеры. Такая конструкция характеризуется большим отношением площади поверхности к объёму, наличием защемленных объемов и удаленных от свечи областей (зон), следствием чего являются повышенные тепловые потери, склонность двигателя к детонации, плохой запуск и др.

Сохранение описанной формы камеры сгорания при всех изменениях, происходивших с поршневым двигателем за долгую историю его развития, в основном, объясняется заложенной технологией производства, предложенной более чем 35 лет назад - механической обработкой поверхности в головке блока цилиндров и днища поршня на жестких неперенастраиваемых автоматических линиях.

В процессе проработки облика новой камеры сгорания с минимальным отношением площади поверхности к ее объёму (при условии обработки на существующих автоматических линиях) приняты следующие решения по деталям, образующим форму камеры (см. рис. 1б; рис. 2):

- днище поршня выполняется плоским, с необходимыми выемками для выхода клапанов;

- поверхность камеры сгорания в головке блока цилиндров образуется тремя сферами (так называемая полисферическая камера сгорания): две сферы под клапанами и одна под отверстием для свечи;

- увеличивается объем камеры сгорания (сферы) в зоне свечи, вследствие чего улучшаются условия воспламенения смеси в цилиндре;

- клапаны, координаты и угловое положение клапанов и отверстий под свечу не изменяются по отношению к исходной головке блока.

Очевидно, что, получив новую камеру сгорания с меньшим отношением площади поверхности к ее объёму и с улучшенными условиями воспламенения, можно ожидать повышения антидетонационной стойкости рабочего процесса. Следовательно, появляется возможность увеличения степени сжатия, и как следствие - индикаторного и эффективного к.п.д.

Опытные головки были установлены на двигатели мод. 248 ( $V_h 1,946$ ) и мод. 331 ( $V_h 1,816$ ) с системой распределенного впрыска топлива. При этом проработан вопрос оборудования универсальной головкой всего модельного ряда двигателей.

Сравнительные внешние скоростные характеристики (BCX) двигателей  $V_h 1,946$  и  $V_h 1,816$  (с новой и "традиционной" камерами сгорания) приведены на рис. 3 и рис. 4, соответственно. Для двигателя  $V_h 1,946$  прирост максимальной мощности составляет 16 л.с.: 110 против 94, максимального момента - 18 Н·м: 163 против 145. Для двигателя  $V_h 1,816$  прирост максимальной мощности - 14 л.с.: 103 против 89, максимального момента - 5 Н·м: 145 против 140. При этом прирост момента наблюдается во всем диапазоне оборотов двигателя. Особенно ярко это видно для двигателя  $V_h 1,816$ , где хорошо подняты "верхи" и "низы": в диапазоне

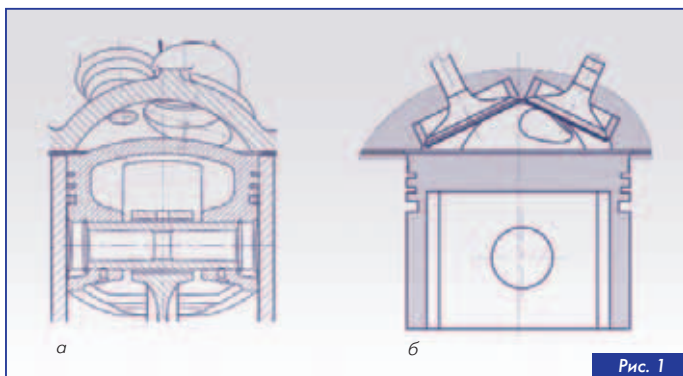


Рис. 1

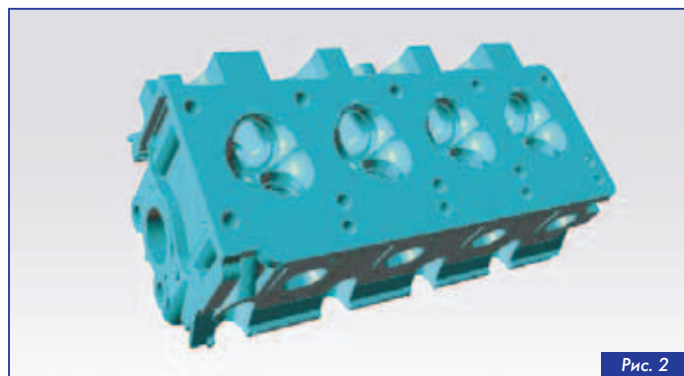


Рис. 2



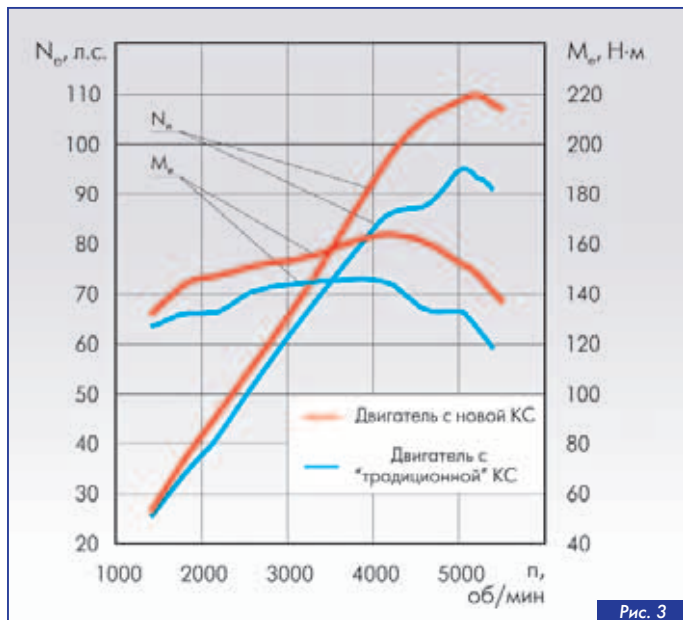


Рис. 3

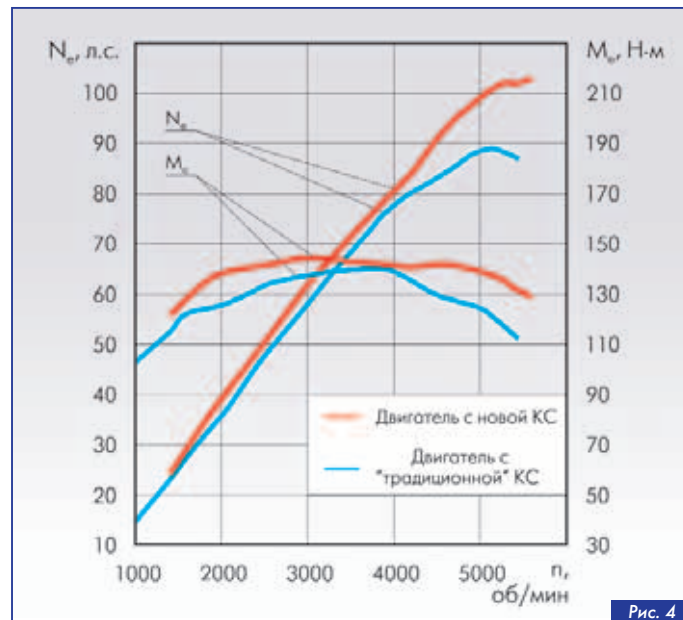


Рис. 4

2200...4600 об/мин максимальный крутящий момент выше 140 Н·м. Это - максимальное значение для двигателя  $V_h$  1,816 с "традиционной" камерой сгорания. Удельная мощность составляет 56,5 л.с. ( $V_h$  1,946) и 56,7 л.с. ( $V_h$  1,816) с одного литра рабочего объема. Минимальный удельный расход топлива по ВСХ для обоих двигателей составляет 195 г/л.с.·ч.

Однако ВСХ говорит только о предельных возможностях двигателя, которые в условиях реальной эксплуатации в составе автомобиля используются сравнительно редко. Гораздо чаще автомобильный двигатель работает на частичных нагрузочных режимах и режимах, близких к холостому ходу. В этих условиях на первое место для потребителя выходит вопрос топливной экономичности (естественно, при обязательном обеспечении показателей токсичности и приёмистости).

В отечественной практике нет однозначных стандартных методов оценки работы двигателя в подобных условиях. Как правило, оценивается работа двигателя в составе автомобиля при испытаниях на беговых барабанах по стандартному ездовому циклу Правил ЕЭК ООН № 83 или в ходе дорожных испытаний согласно ГОСТ 20306-90 по городскому или загородному циклу. Данный метод позволяет получить объективную и комплексную оценку двигателя. Однако наряду с достоинствами такой способ имеет и некоторые недостатки. Во-первых, производится оценка не самого двигателя, а всего комплекса "двигатель - автомобиль - система управления", и в ряде случаев весьма проблематично выделить конкретный вклад в "общую корзину" каждой составляющей. Во-вторых, такой способ требует предварительного завершения комплекса адаптационных работ по системе управления, что существенно затягивает сроки получения результатов и не позволяет оперативно оценить значимость выполненных мероприятий по модернизации двигателя.

В настоящее время существует обязательная сертификация автомобиля (получение ОТТС) и добровольная сертификация его компонентов. К сожалению, двигатели с принудительным зажиманием не включены в перечень компонентов, подвергаемых сертификации.

Данная проблема обусловлена отсутствием нормативной базы, определяющей требования к техническим параметрам собственно двигателя: экономичность на частичных нагрузках, виброакустические характеристики двигателя, эмиссия вредных веществ и т.д.

Зарубежными фирмами принята практика оценки экономичности двигателя по удельному расходу топлива в "стандартных" контрольных точках, каким-либо образом приближенных к режимам работы двигателя в составе автомобиля при его испытаниях по ездовому циклу. Аналогичные испытания были проведены на двигателях с модернизированной головкой. На рис. 5 приведены сравнительные статистические данные по экономичности ряда зарубежных двигателей и модернизированных двигателей УЗАМ в одной из таких контрольных точек с параметрами:  $n = 2000$  об/мин,  $p_e = 0,2$  МПа. На графике представлены характеристики многоклапанных двигателей с ЭСУД и специальных двигателей (с рабочим процессом на обедненных смесях, с отключаемыми цилиндрами и т. п.). Как видно из приведенных данных, серийный карбюраторный двигатель УЗАМ с рабочим объемом 1,6 л, как и следовало ожидать, находится на границе зоны, а модернизированные двигатели УЗАМ с полисферической камерой сгорания и ЭСУД имеют экономичность, соответствующую современному уровню зарубежных многоклапанных двигателей.

Оценка по экономичности может служить одним из критериев при проведении сертификации автомобильных двигателей. Этот вопрос должен находиться в сфере интересов Ассоциации Автомобильных Инженеров и Национальной Ассоциации производителей автомобильных компонентов. ◀

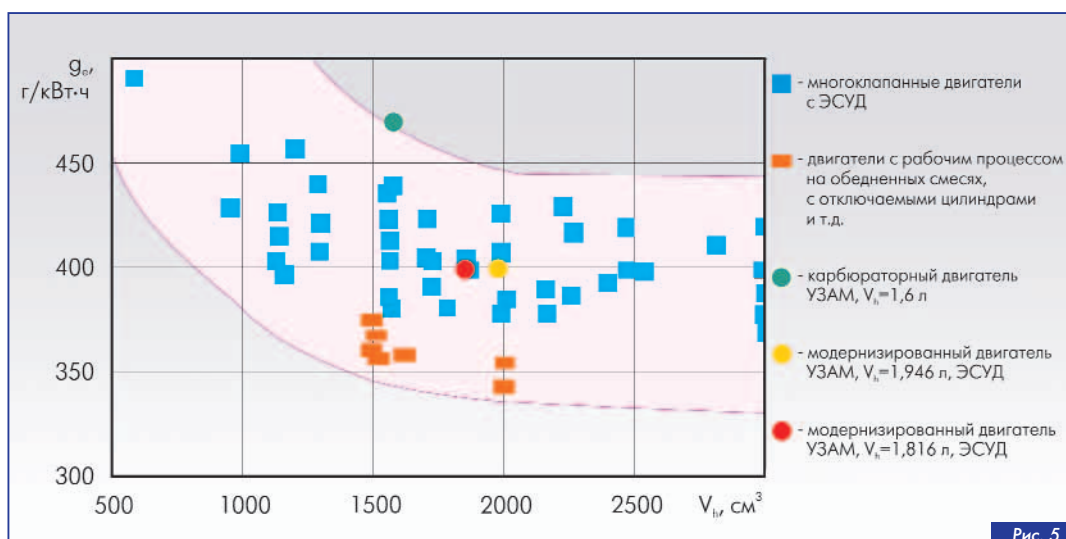


Рис. 5



Universal Insurance Company



**ВСЕОБЩАЯ  
СТРАХОВАЯ  
КОМПАНИЯ**



*Интересы клиентов -  
приоритет нашей деятельности*

ЗАО "Всеобщая страховая компания"  
Россия, 101000, Москва, ул. Покровка, 10.  
Тел./Факс: (095) 923-4955.  
Факс: (095) 135-9051. Телекс: 412166 ATV RU  
E-mail: univic@citiline.ru





# НАДЕЖНОСТЬ ЦЕНАМ ПО РАЗУМНЫМ ЦЕНАМ

**Владимир Хватов,**  
генеральный директор НЗТА



Ногинский завод топливной аппаратуры (ОАО "НЗТА") – первое в России специализированное предприятие, осуществляющее массовое производство топливной аппаратуры для дизельных двигателей различного назначения. В настоящее время предприятие выпускает 2-, 4- и 6-плунжерные топливные насосы высокого давления (ТНВД) для двигателей мощностью от 50 до 200 л.с., современные рядные топливные насосы, широкую номенклатуру распылителей и форсунок, а также большой ассортимент товаров народного потребления.

В августе 1947 г. приказом № 475 по министерству тракторного и сельскохозяйственного машиностроения в 49 километрах от Москвы на базе завода грампластинок был образован Ногинский завод топливной аппаратуры. И уже к концу года было изготовлено 86 опытных образцов топливных насосов типа 4ТН для дизелей КД-35 Липецкого тракторного завода. Выпуск в 1950 г. пятидесятитысячного насоса ознаменовал успешное окончание этапа становления завода.

Освоение производства топливной аппаратуры различных модификаций обеспечило в дальнейшем бесперебойный выпуск тракторов на Харьковском, Липецком, Волгоградском, Владимирском, Минском, Рыбинском тракторных и Южном машиностроительном заводах. ТНВД с маркой "НЗТА" экспортировались в Австрию и Венгрию, Великобританию и Грецию, Египет и Индию, Ирландию и Кубу, Монголию и Судан, многие другие страны. Продукция завода неоднократно отмечалась дипломами ВДНХ, а более ста работников за разработку оригинальных конструкций и внедрение новой техники получили медали выставки. За выдающиеся производственные успехи предприятие было награждено орденом Октябрьской Революции.

Девяностые годы стали для НЗТА серьезным испытанием. Снизились объемы производства, сократилась численность работников, ушли самые квалифицированные специалисты, предприятие напряженно боролось за выживание. В этих нелегких условиях были созданы опытные образцы, проведены испытания и начато производство различных модификаций ТНВД к тракторным двигателям СМД-14, СМД-18, А-41, Д-21, Д-120, судовому двигателю Д-65А-С. Помимо топливных насосов завод освоил производство 11 видов форсунок и 15 видов распылителей, в т.ч. для двигателей А-01МЛ, А-01М, ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, ЯМЗ-240, ЯМЗ-238Н, ЯМЗ-240Н, "КАМАЗ" и "ИКАРУС". В настоящее время основная продукция ОАО "НЗТА" - рядные ТНВД типа 4УТНМ (4УТНИ), форсунок и распылители для дизелей, выпускаемых в России и странах СНГ.

Разработанный по заказу ОАО "Павловские автобусы" топливный насос 4УТНИ-Т применяется на двигателях нескольких типов производства Минского моторного завода. Испытания, проведенные на ПО "ММЗ" и АМО "ЗИЛ", подтвердили, что двигатели удовлетворяют нормам токсичности ЕВРО-1 (по отдельным показателям и ЕВРО-2). Насосы 4УТНИ-Т продемонстрировали высокую техническую конкурентоспособность. Для обеспечения выполнения норм ЕВРО-3 предприятие разрабатывает систему топливopодачи с микропроцессорным управлением.

Среди новинок ОАО "НЗТА" - ТНВД типа 627 для дизелей Д-260 (в перспективе им могут оснащаться дизели А-01М и СМД-60), по своим показателям не уступающий лучшим насосам Bosh и Motorpal. Для газодизельных двигателей разработан ТНВД 4УТНИ-Г, обеспечивающий в газодизельном режиме расход дизельного топлива не более 20 % от номинального при работе на жидком топливе и позволяющий переключать режимы из кабины без остановки двигателя. Организуется выпуск регулятора с приводом датчика момента искрообразования для двигателя Д-144.

Предприятием создана эффективно работающая сеть центров сервисного обслуживания и гарантийного ремонта в России, Белоруссии, Узбекистане, при этом особой заботой специалистов НЗТА является повышение качества обслуживания.

Постоянно стремясь удовлетворить спрос покупателей, имея значительный экономический и технический потенциал, коллектив ОАО "НЗТА" уверенно смотрит в будущее. ◀



Топливный насос 627.1111005.00



Плунжерная пара, насосы и форсунки



Топливный насос 4УТНИ-Т-1111007

Топливный насос	Двигатель	Применение
2 УТНМ-1111005, -1111007-10С	Д-21, Д-120С	Погрузчик ДП-1604
4 УТНИ-1111005	Д-240, Д-241, Д-242, Д-243, Д-243, Д-245	Тракторы
4 УТНИ-Т-1111005	Д-245	Тракторы
4 УТНИ-Т-1111007-20	Д-245.12С, Д-245.5, Д-245-7, Д-245.8, Д-245.9	ЗИЛ-5301 "Бычок", ПАЗ-3205-70, ЛАЗ-695Д
4 УТНМ-1111005	Д-144, Д-145Т	Тракторы
4 УТНМ-1111005-14Н, -18Н	СМД-14Н, СМД-18Н	Тракторы
4 УТНМ-1111005-А41	А-41	Тракторы
4 УТНМ-П-1111005	РМ-80 (Д-65, Д-75), Д-65Н, Д-65М	Тракторы, экскаваторы, электроагрегаты АД-30, передвижные электростанции, судовые дизельгенераторы
4 УТНМ-Э1	Д-65А-С	Судовой дизельгенератор
627.1111005.00	Д-260, Д-265	Тракторы

# ЗАВОЛЖСКИЕ СЕГОДНЯ И



Более сорока лет Заволжский моторный завод выпускает двигатели для отечественных машин: легковых автомобилей, джипов, малотоннажных грузовых автомобилей и микроавтобусов. За этот период освоено свыше 80 модификаций и выпущено более 12 миллионов двигателей внутреннего сгорания. В последние годы завод приступил к выпуску бензиновых двигателей с электронной системой впрыска топлива, турбонаддувом и промежуточным охлаждением воздуха. На основе маркетинговых исследований рынка принято решение о разработке дизельных двигателей. Несмотря на проблемы, существующие в стране из-за общего падения производства, Заволжский моторный завод продолжает совершенствование своей продукции и готовится к вступлению России в ВТО. На вопросы редакции журнала "Двигатель" о состоянии и перспективах развития Заволжского моторного завода ответил технический директор завода Петр Алексеевич Голубев.

**"Двигатель":** Петр Алексеевич, Заволжский моторный завод считается одним из крупнейших российских производителей автомобильных двигателей внутреннего сгорания, но можно ли при этом говорить о конкурентоспособности выпускаемых на ЗМЗ двигателей? Как Вы можете прокомментировать заявления о том, что в России сегодня нет хорошего двигателя?

**П. Голубев:** Если отвечать на второй вопрос, то я бы конкретизировал: нет, в первую очередь, качественного двигателя. Общая проблема для всех предприятий автопрома - низкий уровень качества выпускаемой продукции. И от того, как мы эту проблему решим, во многом зависит будущее российского автопрома в целом и будущее ЗМЗ, в частности. Сегодня мы уже имеем хороший по своим техническим характеристикам инжекторный двигатель ЗМЗ-4062.10 и созданное на его базе семейство двигателей: ЗМЗ-405 (2,5 л), ЗМЗ-409 (2,7 л), ЗМЗ-4064 (с турбонаддувом).

Согласно экспертной оценке отраслевого института НАМИ и инжиниринговой фирмы "Рикардо" (Англия), 406-й двигатель обладает высокой конкурентоспособностью и обеспечивает получение показателей на уровне зарубежных аналогов. И этот двигатель сегодня востребован. Главный потребитель - Горьковский автомобильный завод: 406-й инжекторный устанавливается на "Волгу" ГАЗ-3110, а его карбюраторный вариант - на "ГАЗель". На "Волге" ГАЗ-3111 применяется 405-й двигатель, с середины 2002 года он будет устанавливаться и на "ГАЗели". С 1998 года ЗМЗ поставляет свои двигатели и на Ульяновский автомобильный завод. В частности, 409-й с управляемым впрыском идет на комплектацию новых моделей автомобилей УАЗ. Двигатель с турбонаддувом, имеющий повышенную до 200 л.с. мощность и большой крутящий момент, предполагается устанавливать с 2003 года на автомобили ГАЗ представительского класса.

По решению Совета директоров ОАО "ЗМЗ" в 2002 году на увеличение производства и повышение уровня качества двигателей этого семейства планируется направить более 500 млн рублей, в 2003 году - еще более 400 млн рублей. В ближайшие два года мощности по их выпуску будут увеличены до 220 тысяч штук в год. Кроме того, у нас есть программа, которая позволит довести к 2004 году эти двигатели до стандарта "Евро-3". Они уже соответствуют экологическим требованиям "Евро-2", и к концу будущего года мы планируем полностью прекратить выпуск карбюраторных двигателей старых моде-

лей, так как с июля 2002 года в РФ вводится стандарт "Евро-2". Заволжский моторный завод к этому готов.

**"Двигатель":** Возвращаясь к теме, которую Вы затронули в начале разговора, что предпринимается руководством ЗМЗ для повышения качества двигателей? И когда реально можно ждать результатов?

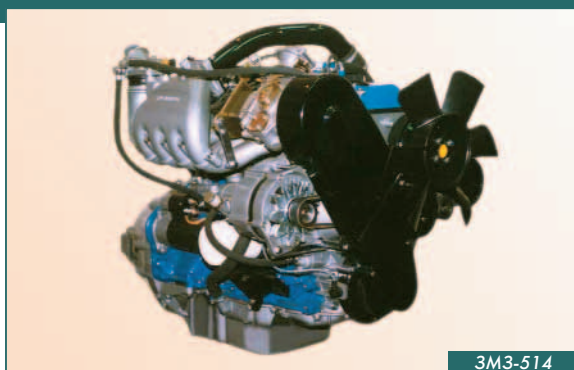
**П. Голубев:** С учетом того, что в общем объеме рекламаций на двигатели 90 % приходится на комплектующие, мы стали предъявлять более высокие требования к поставщикам. Была проведена аттестация предприятий-поставщиков, в результате которой от 15 из них пришлось отказаться. Кроме того, в 2002-2003 годах планируется реализовать программу улучшения качества семейства инжекторных двигателей за счет исключения обходных технологий, внедренных на первоначальном этапе из-за нехватки средств. В частности, будут усовершенствованы технологии производства коленчатого вала, головки цилиндра и шатуна, заменено устаревшее оборудование. В текущем году проводилась большая работа по оптимизации производства и снижению издержек. Выявленные вследствие этого ресурсы направляются на повышение зарплаты работников, что, в свою очередь, положительно сказывается на уровне технологической дисциплины, а также на закупку более качественных, хотя и более дорогих, комплектующих.

Внедряется система качества всего моторного производства, сертифицированная на соответствие требованиям международных стандартов ISO 9001. Осенью этого года по результатам контрольного аудита, который проводили эксперты фирмы TUF (Германия), Заволжский моторный подтвердил действие данного сертификата. В 2002 году ЗМЗ начнет работу с TUF по получению новой версии международного сертификата ISO 2000. И уже сегодня результаты повышения уровня качества есть там, где имеется возможность их оперативно отследить - на испытательных станциях ЗМЗ и на Горьковском автомобильном заводе. Так, по итогам 11 месяцев 2001 года количество забракованных на ГАЗе двигателей ЗМЗ по сравнению с аналогичным периодом прошлого года снизилось в 2,6 раза, по двигателям семейства ЗМЗ-406 - в 6,2 раза. Убежден, что эта тенденция сохранится.

**"Двигатель":** Известно, что на ЗМЗ есть дизельный малолитражный двигатель собственной разработки. Когда этот двигатель появится на рынке и насколько он конкурентоспособен?



# МОТОРЫ ЗАВТРА



ЗМЗ-514

**П. Голубев:** До конца этого года будет изготовлено 100 дизельных двигателей ЗМЗ-514 для новых джипов Ульяновского автомобильного завода. В 2002 году планируется вложить в развитие производства 514-го двигателя 77 млн рублей и выпустить 3000 штук. Стандарт "Евро-2" 514-й двигатель обеспечивает без нейтрализатора и охлаждающе-наддувочного воздуха. Существует возможность довести его до норм "Евро-3" и "Евро-4". По техническим показателям этот двигатель соответствует зарубежным аналогам, устанавливаемым на "Форд" и "Мерседес", но при этом будет, как минимум, дешевле в 1,5 раза. При выходе на массовое производство его цена не будет превышать \$2000. Причем в двигателе предусмотрено несколько вариантов комплектации топливной системой. При самом дешевом и простом варианте - с механическим топливным насосом - дизельный ЗМЗ-514 может обслуживаться на всех дизельных сервисных станциях, какие только есть сегодня в России.

**"Двигатель":** Поскольку у ГАЗа есть дизельный двигатель "Штайр", основным потребителем ЗМЗ-514 будет УАЗ?

**П. Голубев:** Безусловно, УАЗ будет нашим главным заказчиком на поставку дизельных двигателей. Однако в перспективных планах ГАЗа Заволжский моторный завод также заявлен как поставщик дизельных двигателей на комплектацию малотоннажных грузовиков и автомобилей класса "Е" - "Волга" (такси). Кроме того, этот двигатель может экспортироваться в

составе автомобилей УАЗ и ГАЗ в страны третьего мира. Поэтому мы рассчитываем в течение нескольких ближайших лет создать мощности по выпуску 100 тысяч дизельных двигателей в год; стоимость проекта составит \$90 млн.

**"Двигатель":** Многих интересует, как в программу развития ЗМЗ, ориентированного на достаточно крупных потребителей - ГАЗ и УАЗ, будет вписываться новая серьезная работа по созданию производства дизельных двигателей для АвтоВАЗа?

**П. Голубев:** Заволжский моторный завод проектировался на производство 570 тысяч двигателей в год. В лучшие годы мы выпускали ежегодно 460 тысяч моторов. В 1994 году произошло резкое падение производства, связанное с сокращением выпуска средних грузовиков на ГАЗе. В прошлом году ЗМЗ выпустил всего 288 тысяч двигателей. Поэтому появление в наших стратегических планах АвтоВАЗа означает увеличение объемов производства, повышение рентабельности и создание дополнительных рабочих мест. Если бы ГАЗ и УАЗ в обозримом будущем увеличили годовую потребность в наших двигателях на 300 тысяч, то, наверное, не было бы необходимости работать с АвтоВАЗом. Программа взаимодействия с Волжским автомобильным заводом предполагает изготовление, сборку и испытания дизельных двигателей для автомобилей ВАЗ в отдельном корпусе. По сути, это будет новое моторное производство на промплощадке ЗМЗ. ◀

Характеристики бензиновых двигателей

Модель двигателя	Рабочий объем, л	D/S, мм	Мощность, кВт	Момент, Н·м	Топливо, система питания
Рядные четырехцилиндровые					
4062.10	2,3	92/86	106,6	209,9	A-92
4064.10	2,3	92/86	147	323	-
4058.10	2,5	95,5/86	114	215	-
4052.10	2,5	95,5/86	111,8	210,9	-
409.10	2,7	95,5/94	105	230	-
4092.10	2,7	95,5/94	118	234	-
4061.10	2,3	92/86	73,5	181,5	A-76
4063.10	2,3	92/86	80,9	191,3	A-92
V-образные восьмицилиндровые					
505.10	5,53	100/88	147	412	AI-95
511.10	4,25	92/80	92	294	A-76
5233.10	4,67	92/88	96	314	A-76

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

# МАЛОРАЗМЕРНЫЕ АВТОТРАКТОРНЫЕ ТУРБОКОМПРЕССОРЫ

ОАО "КАМАЗ":

**Н.А. Гатауллин, Г.Г. Гафуров, А.Х. Галеев,  
Н.М. Исаков, В.И. Абрамов, Ю.П. Ключков,  
Ю.И. Герасимов, В.М. Баринов, К.В. Лаптев**

КГТУ им. А.Н. Туполева:

**Л.В. Горюнов**

Применение турбонаддува двигателей внутреннего сгорания является наиболее прогрессивным и, с точки зрения возможностей отечественной автотракторной промышленности, доступным способом повышения мощности, улучшения экономических и экологических показателей двигателей без существенного усложнения их конструкции, увеличения габаритов и массы по сравнению с безнаддувными модификациями. Основным узлом в системе турбонаддува двигателя является турбокомпрессор (ТКР).

Уже в первой половине семидесятых годов практически все ведущие фирмы-производители выпускали автомобильные дизели мощностью порядка 200 л.с. в основном с турбонаддувом. КАМАЗ планировал осуществить внедрение турбонаддува на этапе модернизации выпускаемых двигателей. В то время серийное производство турбокомпрессоров типоразмера ТКР11 было налажено только на ЯМЗ, ЧТЗ и ДЗТ с целью частичного удовлетворения собственных потребностей.

Эти турбокомпрессоры по сравнению с зарубежными аналогами имели низкий технический уровень, технология их производства была весьма несовершенной и отсталой. Так, например, колесо турбины отливалось в больших печах с созданием вакуума при каждой плавке. Кроме того, эти ТКР не были унифицированы по присоеди-

- сохранение существовавшей компоновки моторного отсека автомобиля, его кабины и основных узлов без внесения существенных изменений;

- использование кинетической энергии выхлопных газов при установке турбокомпрессоров непосредственно на выпускных коллекторах и, следовательно, получение существенных энергетических выгод;

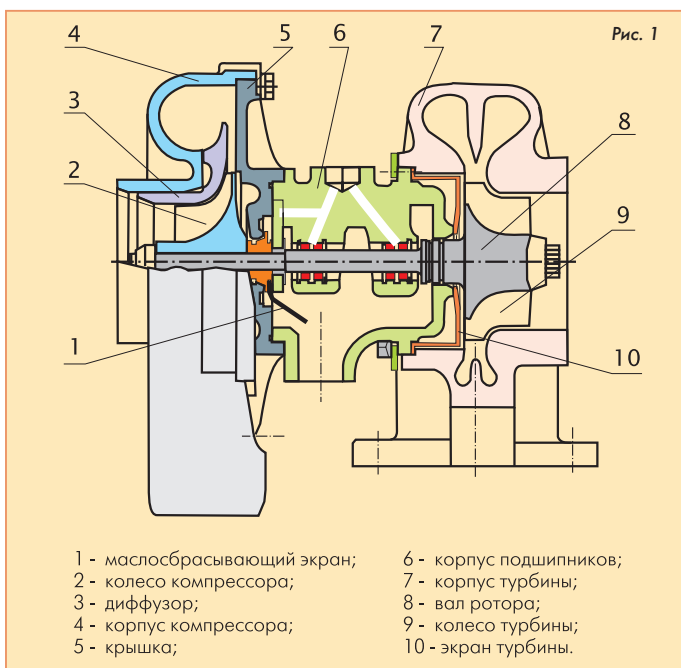
- обеспечение высокой приемистости двигателя вследствие применения малоразмерных турбокомпрессоров с меньшим моментом инерции ротора;

- увеличение надежности и повышение живучести двигателя: в случае выхода из строя одного турбокомпрессора двигатель продолжает работать на втором турбокомпрессоре (хотя и со значительной потерей мощности).

В 1979 г. была изготовлена первая опытная партия турбокомпрессоров ТКР7Н-1. В том же году прошли приемочные испытания двигателя КамАЗ-7403 с этими агрегатами. В конструкции ТКР7Н применен центробежный компрессор с колесом диаметром 74 мм, центростремительная турбина с изобарным корпусом, алюминиевый средний корпус с фиксированным подшипником скольжения качающегося типа.

За годы эксплуатации в составе двигателей КамАЗ 7403.10 на специальной технике и автомобилях Министерства обороны турбокомпрессор ТКР7Н-1 показал себя надежным узлом. Однако по своему техническому уровню данный агрегат уступает современным аналогам.

Установлено, что для двигателей КамАЗ, отвечающих требованиям норм Евро-2 по токсичности, общий к.п.д. турбокомпрессора должен быть не менее 0,5. Достигнутые же значения ниже, они не удовлетворяют новым требованиям, предъявля-



тельным и установочным размерам и предназначались для работы только на определенной модификации двигателя. Естественно, что по перечисленным выше причинам, учитывая объемы производства, КАМАЗ не мог рассчитывать на указанные предприятия как на потенциальных поставщиков турбокомпрессоров. Поэтому создание и организация серийного производства малоразмерных ТКР собственной конструкции стали насущными задачами для предприятия.

Созданием турбонаддувного двигателя и агрегата наддува турбокомпрессора на КАМАЗе начали заниматься в 1974 г. При этом параллельно рассматривался наддув как при помощи одного турбокомпрессора размерности ТКР9 и ТКР11, так и двух малоразмерных турбокомпрессоров размерности ТКР7.

Впоследствии при проектировании V-образных двигателей получила развитие схема с двумя турбокомпрессорами, имевшая ряд преимуществ:

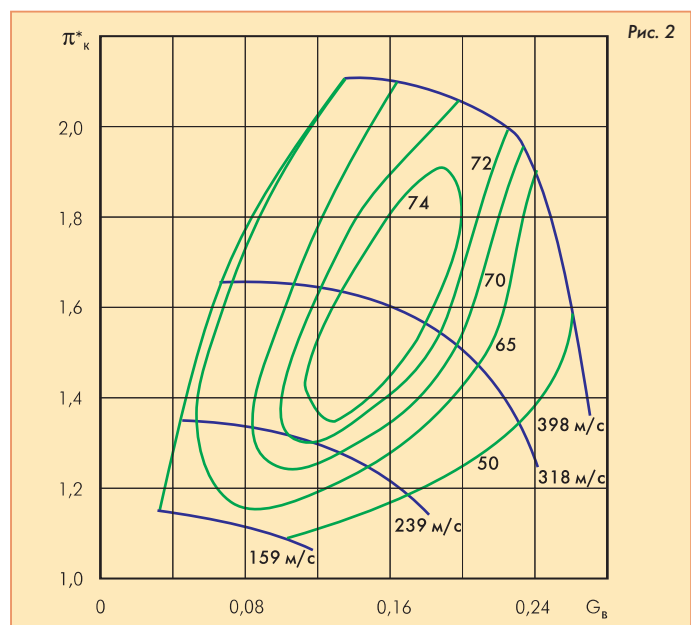




Таблица 1

Характеристика	Основная техническая характеристика моделей турбокомпрессоров			
	Модель турбокомпрессора			
	TKP7H-1	TKP6C	TKP7C	TKP8C
Диаметр колеса компрессора на выходе, мм	74	61	76	82
Количество заходов в турбине	1	1; 2	1; 2	1; 2
Диаметр колеса турбины на входе, мм	76	61	74	78
Наличие регулируемой модификации	-	+	+	+
Максимальная степень повышения давления в компрессоре	2,0	2,5	2,5	2,5
Расход воздуха, кг/с	0,05...0,22	0,05...0,2	0,06...0,3	0,07...0,4
Максимальная частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	100 000	140 000	120 000	110 000
Температура газов перед турбиной, допустимая в течение 1 ч, °С	700	750	750	750
Температура газов перед турбиной, допустимая без ограничений по времени, °С	650	700	700	700
Коэффициент полезного действия ТКР, не менее	0,45	0,47	0,5	0,52
Диапазон мощности двигателя, для которого предназначен ТКР, л.с.	100...170	60...150	100...250	200...320
Масса ТКР (нерегулируемый/регулируемый), кг	7,4	7,5/9,0	9,7/11,4	10,3/12,2

мы к агрегатам наддува современных турбокомпрессоров. При этом максимальное значение адиабатического к.п.д. составляет всего 0,69, а эффективный к.п.д. турбинной ступени - 0,65. Кроме того, турбокомпрессор ТКР7Н имеет изобарный корпус турбины, который не позволяет использовать энергию импульсов выхлопных газов при работе двигателя на пониженных оборотах коленчатого вала и переходных режимах.

В настоящее время для комплектования собственных модернизированных дизелей, а также с учетом потребностей потенциальных заказчиков - моторостроительных предприятий России и СНГ, разработаны турбокомпрессоры трех типоразмеров: ТКР6С, ТКР7С и ТКР8С. Подшипниковый узел всех трех моделей унифицирован. В конструкции подшипникового узла входят два вращающихся подшипника плавающего типа и упорный подшипник. Диаметр цапф вала ротора 10 мм. Все ТКР имеют как нерегулируемую модификацию, так и регулируемую (посредством перепуска отработавших газов в корпусе турбины). У каждого типоразмера имеются модификации корпусов турбин с двумя каналами - импульсные, и с одним каналом - изобарные.

На сегодняшний день турбокомпрессор ТКР7С (см. рис. 1) разработан и в регулируемой модификации турбины с корпусом  $A/R = 0,76$ , и в четырех нерегулируемых модификациях с корпусом турбины  $A/R = 0,76; 0,85; 1,00; 1,15$ . Все модификации испытаны. Их показатели находятся на уровне современных мировых образцов.

На рис. 2 и 3 приведены характеристики компрессорной и турбинной ступеней турбокомпрессора ТКР7С. По эффективному к.п.д. турбинной ступени турбокомпрессор ТКР7С-6 всего на 1 % уступает турбокомпрессору S2B-76 фирмы Schwitzer, а по адиабатному к.п.д. компрессорной ступени на 2 % превышает указанный зарубежный аналог, при этом ядро с максимальным значением к.п.д. у ТКР7С значительно шире, чем у S2B. Общий к.п.д. турбокомпрессора ТКР7С-6 составляет 0,505.

Двигатели КамАЗ 740.11-240, КамАЗ 740.21-240, КамАЗ 740.20-260 с турбокомпрессором ТКР7С-9 сертифицированы по требованиям норм Евро-1, а двигатель КамАЗ 740.30-260 с импортным турбокомпрессором S2B 7624 TAE0,76D9 фирмы Schwitzer (аналог ТКР7С-6) сертифицирован по Евро-2.

Специалистами КАМАЗа были проведены сравнительные параметрические испытания двигателя КамАЗ 740.30-260 поочередно

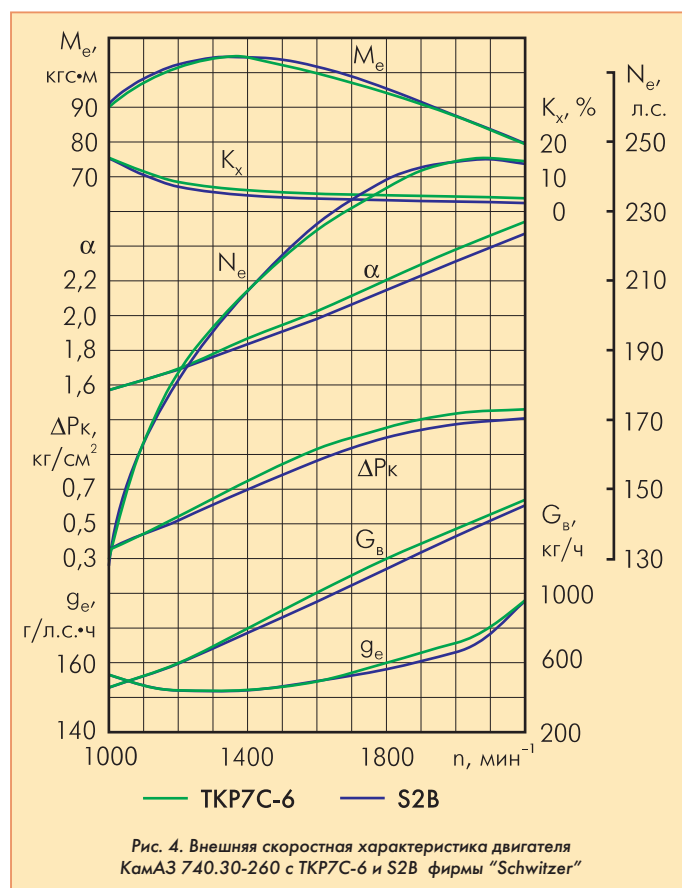


Рис. 4. Внешняя скоростная характеристика двигателя КамАЗ 740.30-260 с ТКР7С-6 и S2B фирмы "Schwitzer"

укомплектованного турбокомпрессорами ТКР7С-6 и S2B/7624TAE/0,76D9. На рис. 4 представлена внешняя скоростная характеристика указанного двигателя. Как видно из рисунка, графики  $N_e$  - мощности,  $M_e$  - крутящего момента,  $K_x$  - дымности,  $G_v$  - удельного расхода воздуха и  $g_e$  - удельного эффективного расхода топлива обоих вариантов практически не отличаются друг от друга.

Таблица 2

Варианты турбокомпрессора	Удельные выбросы вредных веществ с отработавшими газами двигателя КамАЗ 740.30-260			
	NO <sub>x</sub>	CH	CO	PT
TKP7C-6	6,5	0,47	1,22	0,149
S2B/7624 TAE/0,76D9	6,6	0,46	1,15	0,149
Нормы Евро-2	7,0	1,1	4,0	0,15
Нормы Евро-3	5,0	0,6	2,0	0,1

Из таблицы видно, что двигатель КамАЗ 740.30-260 по удельному выбросу вредных веществ с ОГ как с турбокомпрессорами S2B, так и ТКР7С-6 соответствует требованиям Евро-2.

Для дальнейшего повышения технического уровня малоразмерных турбокомпрессоров планируется применение керамических колес турбины, подшипников скольжения на газовой смазке, регулируемого соплового аппарата турбины. ◀

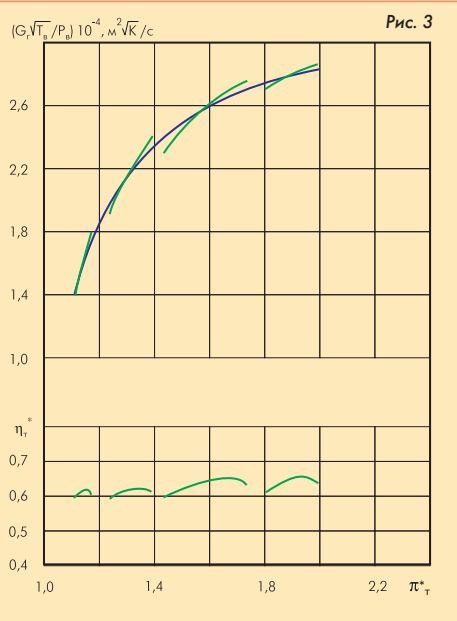


Рис. 3

# ПРОБЛЕМЫ ХОЛОСТОГО ХОДА

Эта тема весьма актуальна как для владельцев автомобилей ВАЗ, двигатели которых оснащены электронной системой управления (как говорят "впрысковых" или "инжекторных"), так и для нас – производителей одного из элементов этой системы – дроссельного патрубка. Зачастую считается, что работа именно этого агрегата и является основной причиной проблем с работой двигателя на холостом ходу.

Ниже, кроме общей информации из разряда "интересно – полезно знать", мы хотим привести и конкретные рекомендации, выполнение которых позволит автолюбителям сэкономить здоровье, время, и деньги, а производителям необоснованно забракованного изделия – сохранить доброе имя. Но, сначала ....

## НА ИНЖЕКТОРНЫХ АВТОМОБИЛЯХ ВАЗ

**Юрий Черемных,**  
главный конструктор  
ООО "Топливные системы"

### БУДЕМ ЗНАКОМЫ...

Общество с ограниченной ответственностью "Топливные системы" (торговая марка "ПЕКАР") образовано в 1999 г. на базе первенца отечественного карбюраторостроения, основанного в 1929 г. для обеспечения зарождающейся отечественной авто-тракторной промышленности Петербургского (Ленинградского) карбюраторного завода.



Проходная ООО "Топливные системы"

В настоящее время компания "Топливные системы" обладает не только солидной производственной, но и значительной научно-исследовательской базой, обеспеченной высококвалифицированными инженерными кадрами. Это позволяет в короткие сроки осваивать производство новых изделий.

Являясь производителем и поставщиком комплектующих элементов практически на все моторные и автосборочные предприятия России, ООО "Топливные системы" с августа 2000 г. стало также поставщиком и Волжского автозавода. Поставляемое изделие - дроссельный патрубок 2112-1148010, входящий в состав двигателей с рабочим объемом до 1,6 л с электронной системой управления.

Для начала хотелось бы отметить некоторые особенности дроссельного патрубка "ПЕКАР", выгодно отличающие его от имеющихся на рынке аналогов:

- высокое качество изготовления корпуса (алюминиевое литье);
- наличие латунной (а не алюминиевой, как на аналогах) заслонки, что значительно уменьшает вероятность заклинивания при прогреве двигателя;
- надежная конструкция привода заслонки за счёт высокого качества изготовления пружины, применения специальных пластмассовых втулок, а также оригинальной конструкции рычага и сектора привода, обеспечивающая плавное, без заеданий, перемещение заслонки;

- патрубки подогрева выполнены из латуни (а не из черного металла, как у аналогов), что препятствует их коррозии и последующему утеканию охлаждающей жидкости;

- исключают заедание дроссельной заслонки оптимальные тепловые зазоры между заслонкой и корпусом, а также способствующая увеличению срока службы датчика положения дроссельной заслонки высокая точность изготовления деталей.

### БОРЬБА ЗА КАЧЕСТВО...

В компании "Топливные системы" серьезное внимание уделяется качеству производимых изделий. Вся работа большого коллектива предприятия строится на неукоснительном выполнении конструкторских и технологических предписаний и рекомендаций. На предприятии внедрена и успешно функционирует система управления качеством. Это позволило предприятию в 2001 г. выдержать экзамен на соответствие системы качества мировым стандартам и пройти сертификацию на её соответствие международному стандарту ISO 9001. Подтверждением тому является сертификат соответствия РОСС RU.ИСО09.К00102, выданный 10 декабря 2001 г. органом сертификации систем качества "ТЕСТ-С.-ПЕТЕРБУРГ".

Уровень качества всех изделий, и особенно, поставляемых на конвейер АО "АвтоВАЗ", отслеживается постоянно: снятые в период гарантийной эксплуатации изделия со всей России поступают на центральную СТО "АвтоВАЗ" в Тольятти, откуда ежемесячно отправляются на завод-изготовитель для анализа и выяснения причин неисправностей.

При этом относительно дроссельного патрубка, как бы являющегося причиной ненормальной работы двигателя на холостом ходу, наблюдается "интересная" ситуация - среди возвращаемых на завод-изготовитель изделий значительная доля (до 60 %) абсолютно исправны. Другими словами, более чем на половине автомобилей, обслуживаемых по гарантии, дефект или его первопричина были определены неверно, и, как следствие, не были устранены, а это значит, что эти машины будут возвращаться на СТО вновь и вновь.

Дефекты в гарантийный период обслуживания автомобиля - это проблемы изготовителя забракованного изделия, в дальнейшем - это беда владельца автомобиля, а правильная и точная диагностика неисправности и ее устранение - проблема общая и изготовителя и потребителя.

К сожалению, неприятности у владельцев автомобилей могут возникнуть если не сразу, то через 15...20 тыс. км пробега.

Наиболее частые проявления - нестабильные обороты двигателя (как правило, завышенные), а также затрудненный запуск



двигателя и его остановка, причем в некоторых случаях транспарант "CHECK ENGINE" на панели приборов не загорается, а значит, подсказки от блока управления в виде кода неисправности ожидать не приходится.

Случается и так, что двигатель просто "не тянет", а его работа неустойчива и сопровождается провалами. Самая неприятная особенность дефектов этого рода состоит в том, что они очень часто имеют "плавающий" характер, т.е. проявляются и исчезают по только им одним известным законам. Например, в момент проверки на СТО у вашего автомобиля или все в порядке или же дефект на какое-то время исчезает после замены патрубка дроссельного (датчика положения дроссельной заслонки (ДПДЗ) или регулятора холостого хода (РХХ)). Необходимо также учитывать и то, что при замене автолюбителю могут "предложить" не самое хорошее изделие, а узел из "запчастей" (либо восстановленный), что к имеющейся головной боли добавит еще и новую.

**"ЧТО ЖЕ ДЕЛАТЬ?"...**

Предлагаем перечень правил и действий, которые необходимо выполнить при возникновении характерных неисправностей автомобиля.

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРАВИЛ И ДЕЙСТВИЙ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ХАРАКТЕРНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ВАШЕГО АВТОМОБИЛЯ**

**1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА**

При возникновении как описанных выше дефектов, так и любых других, связанных с работой электронной системы управления двигателем:

- первым делом выясните код неисправности (если горит транспарант "CHECK ENGINE") - каждой неисправности (каждому элементу системы впрыска) соответствует определенный код;
- на основании кода выберите соответствующую схему проверки из руководства по эксплуатации и ремонту автомобиля и действуйте в соответствии с ней (**Внимание! В руководстве по эксплуатации и ремонту есть очень важный раздел, посвященный очистке узлов. Не игнорируйте его!**) или с инструкциями, имеющимися на СТО (они призваны упростить схемы проверок).

**2. ХАРАКТЕРНЫЕ КОДЫ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ**

Код	Содержание	Причина	Рекомендации
0122	Пониженное выходное напряжение ДПДЗ, т.е. датчик при закрытой заслонке "выдает" напряжение меньше 0,35 В	<ul style="list-style-type: none"> <li>• неправильная установка ДПДЗ;</li> <li>• износ ДПДЗ;</li> <li>• напряжение питания от блока управления системой впрыска меньше 5 В;</li> <li>• неудовлетворительное состояние жгутов проводов и соответствующих разъемов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• установить ДПДЗ так, чтобы при напряжении питания 5 В выходной сигнал составил 0,45...0,55 В;</li> <li>• заменить ДПДЗ;</li> <li>• установить датчик так, чтобы при напряжении питания 5 В его выходной сигнал составил 0,55...0,65 В;</li> <li>• проверить, при необходимости заменить</li> </ul>
0123	Повышенное выходное напряжение ДПДЗ, т.е. датчик при закрытой заслонке "выдает" напряжение больше 0,7 В	<ul style="list-style-type: none"> <li>• неправильная установка ДПДЗ;</li> <li>• износ ДПДЗ;</li> <li>• заклинивание дроссельной заслонки (проверяется на горячем двигателе касанием рычагом привода заслонки регулировочного винта)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• установить ДПДЗ так, чтобы при напряжении питания 5 В выходной сигнал составил 0,45...0,55 В;</li> <li>• заменить ДПДЗ;</li> <li>• при подтверждении заклинивания - заменить патрубок дроссельный (ремонт не подлежит)*</li> </ul>
0505	Неисправность РХХ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обрыв одной из обмоток РХХ;</li> <li>• "пропуск" шагов из-за загрязнения штока</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• заменить РХХ;</li> <li>• очистить РХХ в соответствии с руководством по эксплуатации и ремонту автомобиля</li> </ul>

*Примечание: \* - при замене патрубка дроссельного проследить за тем, чтобы обязательно была заменена и прокладка, а сам узел и его комплектующие были новыми (даты выпуска маркируются на каждом изделии, разница в датах изготовления не должна превышать 1-2 месяца).*

**3. ЕСЛИ КОДЫ ОТСУТСТВУЮТ...**

В этом случае следует произвести очистку дроссельного патрубка, в частности регулятора холостого хода, а также датчика положения коленчатого вала от нагара. Необходимо также убедиться в работоспособности модуля и свечей зажигания, а также датчика температуры охлаждающей жидкости. При необходимости их следует заменить.



Патрубок дроссельный 2112-1148010 "ПЕКАР"

Местоположение патрубка дроссельного на двигателе с системой электронного управления двигателем



Как показывает опыт, более чем в 50 % случаев эти мероприятия дают положительный эффект.

Остается сказать еще об одном дефекте - это дрейф сигнала датчика положения дроссельной заслонки.

На всех блоках управления кроме MP 7.0 (Bosch) не допускается изменение выходного сигнала датчика положения дроссельной заслонки в течение одной поездки (от включения до выключения зажигания) более, чем на 0,04 В.

Дефект этот выявляется с помощью диагностических приборов, начиная с ДС Т-2. При работе на холостом ходу на шкале прибора при описании состояния заслонки вместо 0 % может появляться цифры от 1 % и более. Это говорит об износе датчика или о неприемлемой характеристике нелинейности - в любом случае датчик следует заменить.

Блок управления MP 7.0 (Bosch) допускает изменение сигнала датчика до 0,78 В, поэтому на автомобилях с этим блоком такие дефекты как правило не проявляются.

**И В ЗАКЛЮЧЕНИЕ ХОЧЕТСЯ СКАЗАТЬ...**

Новый век, новые автомобили определяют новый подход к эксплуатации и ремонту. И если Вам дороги здоровье, время и деньги, то необходимо пополнить багаж знаний и ремонтный набор. Услуги "умельцев", не имеющих подчас даже минимального специального образования, работающих по старинке, методом проб и ошибок, создают больше проблем, нежели решат их, а успех обеспечат только профессионалы..

**ОАО**

# "ТУРБОМОТОРНЫЙ ЗАВОД"

**Валерий Шаблаков,**  
генеральный директор ОАО "Турбомоторный завод"

"Уральский турбинный завод" существует со 2 октября 1938 г. Первая паровая турбина АТ-12 мощностью 12 тыс. кВт была собрана и испытана в мае 1941 г. С началом Великой Отечественной войны на заводскую площадку были эвакуированы из Ленинграда дизельный отдел Кировского завода, а из Харькова - турбогенераторный завод. Вместе с уральцами они быстро наладили выпуск танковых дизелей В-2, а также запчастей для ремонта и восстановления турбин на разрушенных электростанциях. По окончании войны было возобновлено производство паровых турбин, единичные мощности которых непрерывно повышались - сначала 25, затем 50, 100 и 250 тыс. кВт. В предперестроечные годы был разработан проект и начата технологическая подготовка производства крупнейшей теплофикационной турбины мощностью 450...500 тыс. кВт для атомных ТЭЦ.

В 1993 г. предприятие было приватизировано и сейчас именуется ОАО "Турбомоторный завод". Завод имеет высокий научно-технический потенциал, современное производство, оснащен разнообразным оборудованием и обладает передовыми технологиями.

## Основные виды выпускаемой продукции:

1. Паровые теплофикационные турбины мощностью от 25 до 265 тыс. кВт;
2. Приводные и энергетические газовые турбины мощностью от 6 до 32 тыс. кВт;
3. Газоперекачивающие агрегаты для транспортировки природного газа;
4. Быстроходные дизельные моторы для буровых установок, транспортных и других машин типа ЧН 15/18 мощностью от 150 до 800 л.с., ЧН 21/21 мощностью от 1000 до 2400 л.с. и на их базе:
  - дизель-генераторы для большегрузных автосамосвалов "БелАЗ";
  - дизельные электростанции мощностью от 100 до 1765 кВт.
5. Унифицированные турбокомпрессоры типа ТКР-14 (11 модификаций), ТКР-23В-1, ТКР-23Н-2Б, ТКР-23С-2Л для наддува дизелей.
6. Турбины газовые утилизационные бескомпрессорные типа ГУБТ для доменного производства.
7. Турбины газовые утилизационные расширительные типа ТГУ-11 для энергетики.

8. Силосоуборочные комбайны КСС-2.6 и опрыскиватели прицепные штанговые ОП-2,0/18-Е-112.

Потребителями продукции дизельного производства являются такие крупнейшие организации как: ПО "БелАЗ", АО "УралАсбест", ОАО "Апатиты", ОАО "Кузбассразрезуголь", разрез "Талдинский", АО "БелАвтоСиб", множество предприятий нефтедобывающей отрасли, а также другие предприятия России, ближнего и дальнего зарубежья.

ОАО "Турбомоторный завод" - участник и дипломант многих всероссийских и международных выставок энергомашиностроения, вооружения и энергосберегающих технологий. Завод награжден дипломом за высокое качество представленной продукции и деловое сотрудничество с Ямало-Ненецким автономным округом. Имеет сертификат официального поставщика ОАО "Уралмаш" дизелей В2-500ТК и дизельных электростанций для буровых установок.

### Потребители продукции ОАО "Турбомоторный завод"

#### Паровые турбины

Мосэнерго ТЭЦ-20  
Норильская ТЭЦ  
Саранская ТЭЦ  
Фирма "Ингловай" (Китай)

#### Газовые турбины

РАО "Газпром"  
РАО "ЕЭС"  
Мосэнерго  
ТЭЦ Кузбассзапсиб

#### Дизели, дизельные электростанции

ОАО "Уралмаш-Завод" (Екатеринбург)  
АО "Калугапутьмаш"  
Башнефтеснаб (Уфа)  
Уральская компания (Челябинск)  
АО "Челябинский завод дорожных машин им. Колущенко"  
АО "Белорусский автозавод" (Жодино)  
Завод "Трансмаш" (Барнаул)  
Завод "Звезда" (Санкт-Петербург)  
Завод "Дальдизель" (Хабаровск)

## Дизелестроение

### 1. Дизели типа ДМ-21 для карьерных самосвалов БелАЗ

Для перспективных карьерных самосвалов были созданы форсированные модификации дизельных двигателей 6ДМ-21АФ и 8ДМ-21АФ. По сравнению с ранее выпускаемыми моделями эти, существенно большей мощности, двигатели обладают целым рядом преимуществ, таких, например, как система автоматического регулирования теплового режима работы двигателя, улучшенные экологические показатели по дымности и токсичности выхлопных газов и др.

Это позволяет ПО "БелАЗ" проводить модернизацию существующих самосвалов, разработку и освоение производства перспективных моделей, а именно:

- самосвала грузоподъемностью 80...90 т с гидромеханической трансмиссией с дизелем 6ДМ-21АТ постоянной мощности;
- самосвала грузоподъемностью 80...85 т с электромеханической трансмиссией с дизелем 6ДМ-21АМ;





Объемы экспортных поставок, тыс. долл. США							
Вид продукции	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>В дальнее зарубежье</b>							
Дизели и дизельгенераторы	38,6	165,5	300	-	-	456,6	-
Дизельные запчасти	-	363,5	-	-	34	7,6	70,8
Турбины	-	4310	5160	3000	9780	9880	3100
Турбинные запчасти	-	67,1	-	148,6	1508	112,3	40,3
<b>Итого:</b>	<b>38,6</b>	<b>4906,1</b>	<b>5460</b>	<b>3148,6</b>	<b>11 322</b>	<b>10 456,5</b>	<b>3211,1</b>
<b>Экспорт в страны СНГ</b>							
Дизели и дизельгенераторы	1596,9	1009,5	774	329,4	-	168,3	19,8
Дизельные запчасти	-	41,9	66,6	-	731	-	60
Турбины	-	-	600,4	-	-	-	-
Турбинные запчасти	-	473,7	610,7	210,2	-	13,4	56,3
Турбокомпрессоры	-	13,9	34,4	-	-	-	-
<b>Итого:</b>	<b>1596,9</b>	<b>1539</b>	<b>2086,1</b>	<b>539,6</b>	<b>731</b>	<b>181,7</b>	<b>136,1</b>

- самосвала 120...130 т с электромеханической трансмиссией с форсированным дизелем 6ДМ-21АФМ или 8ДМ-21АФМ;
- самосвала 130...140 т с гидромеханической трансмиссией с дизелем 8ДМ-21АТ постоянной мощности;
- самосвала 150...170 т с электромеханической трансмиссией с форсированным дизелем 8ДМ-21АФМ;
- самосвала 200...220 т с электромеханической трансмиссией с дизелем 12ДМ-21АМ.

С 2001 г. начаты поставки дизель-генераторов (с генератора-ми переменного тока СГД 89/38-8 и СГД 101/32-8 производства ОАО "Уралэлектротяжмаш"):

- 6ДГС-800А на базе дизелей 6ДМ-21АМ и 6ДМ-21АФ мощностью до 956 кВт;
- 8ДГС-800А на базе дизеля 8ДМ-21АМ мощностью 1100 кВт;
- ДГ-1300БМ на базе дизеля 12ДМ-21АМ мощностью 1765 кВт.

Объем инвестиций на увеличение оборотных средств ориентировочно - \$20 млн и на восстановление оборудования примерно \$10 млн позволит обеспечить приоритет в разработках дизелей типа ДМ-21 в диапазоне мощности от 1300 до 3000 л.с. для карьерных самосвалов БелАЗ грузоподъемностью 110...250 т.

## 2. Дизельные блочно-транспортные электростанции и дизель-генераторы

Предназначены для работы в качестве источников электроэнергии в условиях умеренного и холодного климата для буровых установок, компрессорных станций ОАО "Газпром" и других потребителей.

Основные параметры электростанций			
Тип электростанции	Номинальная мощность, кВт	Напряжение, В	Частота, Гц
ЭД-500	500	400	50
ЭД-630С	630	400/690	50
ЭД-800	800	400	50
ЭД-1000С	1000	10 500/6300	50

Электростанция ЭД-1000С используется в качестве резервного или аварийного источника питания электроэнергией силового электрооборудования компрессорных станций и других промышленных и бытовых объектов газовой промышленности. Особенно, заложенные при разработке этой электростанции, определялись требованиями основного заказчика: универсальность по условиям работы и высокая надежность.

Буровые установки с питанием электродвигателей главных механизмов от тиристорных преобразователей комплектуется тремя электростанциями ЭД-630С в качестве основного источника и электростанцией ЭД-200 (также производства ОАО "ТМЗ") в качестве вспомогательного.



Электростанции ЭД-1000С и ЭД-630С, как и другие электростанции на базе дизелей ДМ-21, могут использоваться в качестве основных источников электроэнергии в "малой энергетике" для самых различных объектов народного хозяйства и Министерства обороны.

ОАО "ТМЗ" начал работу по созданию автоматизированного дизель-генератора переменного тока АДГ-630 мощностью 630 кВт на базе дизеля 6ДМ-21ЭМ.

С 1993 г. ведется работа по созданию дизеля 12ДМ-21ЭМ (12ЧН 21/21) для автоматизированного дизель-генератора мощностью 1500 кВт. Этот дизель является первичным источником энергии в составе комплекса ДЭУ, предназначенного для обеспечения электроэнергией основных потребителей, как на время автономного функционирования специального сооружения, так и на период отключения системы внешнего электроснабжения. Дизель 12ДМ-21ЭМ четырехтактный, 12-цилиндровый, с V-образным расположением цилиндров, жидкостного охлаждения, с газотурбинным наддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха.

ОАО "Турбомоторный завод", несмотря на экономический провал страны в последнее десятилетие, продолжает как выпуск уже освоенных видов продукции, так и разрабатывает и готовится к выпуску новых изделий. Все это стало возможным благодаря проведению руководством завода целенаправленной кадровой политики. На предприятии постоянно ведется подготовка и переподготовка работников всех категорий. В 2001 г. за счет предприятия в ВУЗах, колледжах, технических училищах повышена квалификация 320 специалистов. Несколько лет назад на Уральском государственном техническом университете (УПИ) была организована новая кафедра "Дизелестроение". В этом году 22 инженера из первого выпуска кафедры направлены на завод. Для подготовки резерва руководящих кадров в различных учебных центрах и организациях было организовано обучение 25 человек. На самом заводе 300 человек получили вторые профессии и смогли продолжить работу на предприятии. С областными и городскими центрами занятости, школами и техническим училищем "Турбо" заключались договора о подборе и подготовке для предприятия специалистов и рабочих различных профессий. Всего в этом году предприятием принято на работу более тысячи человек.

Таким образом, технические, производственные и финансовые возможности ОАО "Турбомоторный завод" дают предприятию надежду на уверенное начало третьего тысячелетия. ◀

Структура основной выпускаемой продукции по годам								
Основные виды продукции	Ед. изм.	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Турбины паровые теплофикационные	штук	14	1	4	4	4	4	1
	тыс. кВт	950	140	583	505	575	455	110
Турбины газовые приводные и энергетические	штук	6	3	1	3	1	1	1
	тыс. кВт	74	57	25	43	16	16	16
Запчасти к турбинам в действующих ценах	млн руб.	5814	20 712	39 059	53 042	66 995	113 948	150 316
Дизели ЧН 15/18 и дизельэлектрические агрегаты	штук	6373	889	799	580	292	195	667
Дизели ЧН 21/21 и дизельэлектрические станции	штук	386	74	107	69	71	72	95
Запчасти дизельные в действующих ценах	млн руб.	13 170	8158	13 381	7446	9545	19 000	42 725,6
Унифицированные турбокомпрессоры	штук	5332	376	245	469	631	450	655
Силосоуборочные комбайны КСС-2,6	штук	9150	282	365	296	226	116	56

# ТАНКОВОЕ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ НАТО ГОТОВИТСЯ К СКАЧКУ

**Виктор Подгаецкий,**

начальник отдела ГУП "НИИД", к. т. н.

**Татьяна Смирнова,**

начальник отдела ГУП "НИИД", к. т. н.

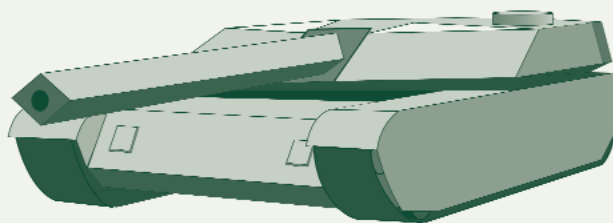


Рис. 1. Внешний вид танка FCS первого этапа. Масса 36 т, 120-мм пушка повышенной мощности, экипаж 2 человека, силовая установка с дизелем или ГТД мощностью 1500 л.с. с улучшенной на 50 % топливной экономичностью, электротрансмиссия, полуактивная подвеска с переменным клиренсом

В печати многих стран в последние десятилетия неоднократно возникали дискуссии о судьбе танка. При этом периодически высказывается мнение об их архаичности и бесперспективности. Критики танков обычно оперируют данными об их огромных потерях в ходе очередной войны или локального конфликта. Однако квалифицированные специалисты не сомневаются: танки не только не утратили своей роли на современном поле боя, но в ближайшее время не могут быть заменены никакой другой системой оружия. И все же следует признать, что характер ожидаемых вооруженных конфликтов стал существенно иным. В современных условиях возрастает роль легких танков, которые после периода упадка возрождаются на новой технической основе. Они считаются наиболее приспособленными для действий в особых условиях, в конфликтах низкой интенсивности, в миротворческих операциях.

Требования к важнейшим характеристикам основных боевых танков последние годы также заметно меняются. В триаде основных боевых качеств танка "вооружение - защищенность - подвижность" наибольшее внимание традиционно уделялось двум первым. Но столкновения больших масс современных бронированных машин, к которому готовились Запад и Восток на протяжении десятилетий, более не предвидится. Для вооруженных сил США и других государств НАТО на первый план ныне выступает аэротранспортабельность боевой техники, без которой немислимо выполнение военно-полицейских функций. А аэротранспортабельность подразумевает, прежде всего, ограниченную массу боевой машины, поэтому танк нового поколения должен иметь массу не более 40 т (чтобы его мог перевозить основной американский средний военно-транспортный самолет С-17).

С конца восьмидесятых годов за рубежом (в США, Великобритании, Германии, Японии и др. странах) ведутся интенсивные исследования и разработки в интересах создания нового поколения транспортных двигателей, в основном автомобильного назначения. В середине девяностых годов на базе научно-технического задела, накопленного к этому времени в области гражданского двигателестроения, началась разработка нового поколения двигателей для объектов бронетанковой техники (БТТ). Указанные исследования проводятся в рамках государственных и межгосударственных программ, участниками которых являются ведущие страны НАТО (программы FCS в США, MODIFIER в Великобритании, NGP и AECV в Германии).

Судя по публикациям в иностранной технической литературе, НИОКР, направленные на создание нового поколения двигателей и силовых установок (СУ) для будущих танков и других объектов БТТ,

достигли наибольшей глубины и размаха в Соединенных Штатах.

Побудительным мотивом к началу этих разработок стало принятие руководством США новой, более "агрессивной" военной доктрины, а также проводимая в связи с этим модернизация армии и повышение боевой готовности войск. Новая военная доктрина предусматривает переход от состояния паритета к абсолютному превосходству над любым потенциальным противником на базе применения новейших научно-технических достижений и прогрессивных технологий. В качестве основного направления совершенствования БТТ выдвигается концепция аэротранспортабельности, совершенно необходимая для повышения мобильности сил быстрого реагирования.

Кроме того, причиной разработки нового поколения БТТ и их СУ в США явилось признание невозможности эффективной реализации

Основные характеристики подвижности американских танков

Характеристика	Поколение			
	III Серийные, выпуск 1980-2000 гг.	IV Опытные, программа FMBT	V, программа FCS	
			Этап FXXI, уровень к 2010 г.	Этап AAN, уровень к 2015 г.
Боевая масса танка, т	55...62	35...40	35...40	18...20
Удельная мощность силовой установки, л.с./т	20...27	30...35	30...35	40...42
Скорость, км/ч				
- по шоссе	60...68	75...80	-	-
- по пересеченной местности	40...50	до 50	75	100
Запас хода по шоссе, км	400...500	500...650	650	800...1000
Пробег между отказами, км	-	8000	8000	10 000
Пробег до капитального ремонта, км	9600	32 000	-	-
Объем МТО, м <sup>3</sup>	4...6	4...4,5	3...4	-
Забронированный объем, м <sup>3</sup>	20...22	~16	~16	8,5...9,5



прогрессивных технологий на танках массой 60...65 т. Американцы более не готовятся к массированным сражениям бронетанковых армий на европейских ТВД, как это было в восьмидесятых. Теперь они стараются представить себе иные по масштабам и характеру боестолкновения, где на первый план выходят подвижность, приемистость и высокая удельная мощность силовой установки танка.

По образному сравнению, приведенному в журнале *Armor*, I-II, 1996 г., перспективный танк FCS должен сыграть для сухопутных войск такую же роль, какую сыграло принятие на вооружение, в свое время, самолетов с реактивными двигателями в ВВС и атомных подводных лодок в ВМФ.

Аналогия смелая, но, возможно, справедливая, если иметь в виду, что новые танки, создаваемые по программе FCS, должны весьма заметно превзойти существующие, оснащенные двигателями типа XAV-28 и LV-100 (США), CV "Кондор" (Великобритания) и MT 883 (Германия) (об этих двигателях см. журнал "Двигатель" № 2 1999 г., № 3 1999 г. и № 5-6 2000 г.):

- по агрегатной мощности ~ на 50 %;
- по габаритной мощности ~ на 40 %;
- по путевой экономичности ~ в 1,5... 2 раза;
- по габаритному объему двигателя ~ в 2 раза;
- по литровой мощности двигателя ~ в 2 раза.

Удельные показатели танков и силовых установок с гибридным (электрическим) приводом по сравнению с гидромеханическим приводом	
Параметр	Относительная величина (гибридный/гидромеханический)
Скорость по пересеченной местности	2
Расход топлива	0,6...0,7
Приемистость	1,5
Запас хода по шоссе	1,5
Наработка на отказ силовой установки	1,25
Габаритная мощность двигателя	1,7...1,8
Габаритная мощность силовой установки	0,65
Максимальная мощность двигателя	0,65
Удельная мощность двигателя (длительно)	0,6

При этом скорость движения боевой машины (БМ) возрастает на 100 %, а приемистость - на 50 %. В целом, при снижении массы нового танка до ~ 40 т и его забронированного объема на 50 % боевая эффективность БМ увеличивается ~ в 1,75 раза по сравнению с серийными танками M1 "Абрамс" (США). Столь резкий рост уровня показателей (на 75 % вместо обычных 25 % при смене поколений БТТ) может справедливо считаться поистине революционным, прорывным и позволяет говорить о "техническом скачке".

В связи с этим вызывают интерес технические решения, которые должны быть положены в основу конструкции новых танков и их СУ, чтобы удовлетворить приведенным выше концептуальным требованиям.

Одним из ключевых пунктов зарубежных программ создания нового поколения двигателей и СУ для БТТ является их ориентация на так называемый "гибридный" (электрический) привод. Материалы Третьей международной конференции по полностью электрическим

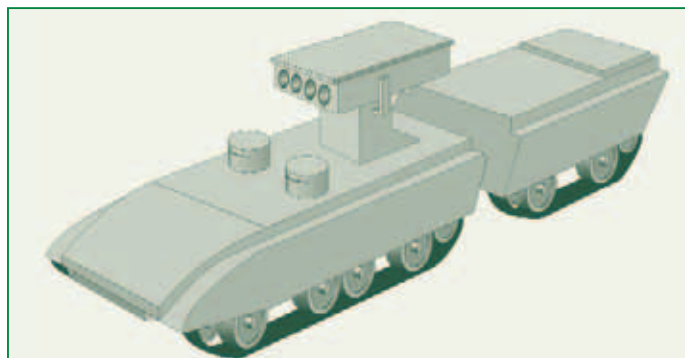


Рис. 2. Многоцелевой танк FCS второго этапа Viper ("Гадюка"). Масса 13,6 т, модульная конструкция, авиатранспортабельность, автономность действия, гибридная силовая установка с дизелем, активная гидропневматическая подвеска со съемной гусеницей

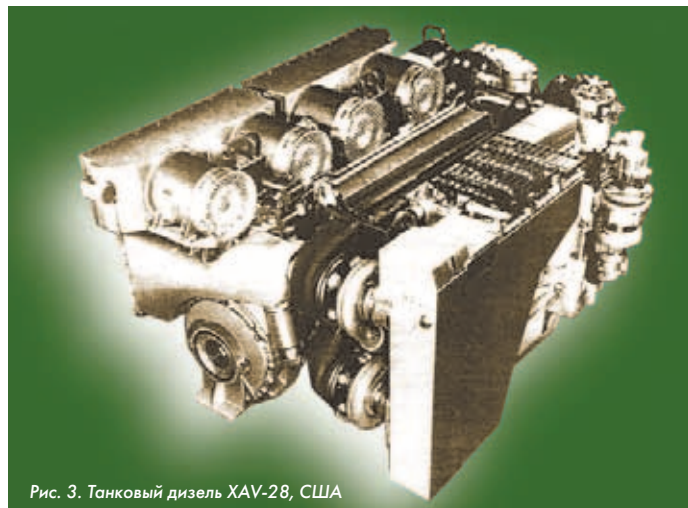


Рис. 3. Танковый дизель XAV-28, США

боевым машинам (21-23 сентября 1999 г., ФРГ) свидетельствуют о том, что "электрические" технологии становятся стержневым направлением дальнейшего развития БТТ в странах НАТО.

Создаваемые в соответствии с этой тенденцией гибридные СУ относятся к категории "накопительных". В таких системах часть энергии, вырабатываемой первичным источником, аккумулируется в специальном накопителе (индуктивном, конденсаторном и др.), а затем расходуется по мере необходимости.

Преимущества накопительных СУ с гибридным приводом заключаются в:

- устранении дублирования потоков энергии (механической на движитель и электрической на другие системы), что обеспечивает резкое улучшение массогабаритных показателей СУ;
- повышенной гибкости компоновочных решений при размещении элементов СУ (иногда их удается разместить в традиционно "мертвых" объемах моторно-трансмиссионного отделения (МТО);
- увеличении топливной экономичности на 25... 50 % благодаря стабильной работе первичного источника энергии (дизеля или ГТД) на режимах, близких к оптимальным;
- уменьшении требуемой номинальной мощности двигателя с учетом возможности подключения накопителя (например, аккумуляторной батареи) при пиковых нагрузках;
- улучшении тягово-динамических характеристик СУ благодаря возможности мгновенного подключения источника дополнительной энергии к движителю;
- снижении демаскирующих свойств в тепловом и акустическом диапазонах.

Результаты компьютерного моделирования и экспериментов на реальных макетах БТТ позволяют утверждать, что к 2003-2013 гг. станут осуществимыми следующие преимущества электрических технологий применительно к БМ:

- снижение массы и объема БМ;
- простота автоматизации, управления мощностью СУ и запасенной энергией;
- управление машиной "по проводам", без использования механических тяг;
- более высокая надежность, меньшая стоимость жизненного цикла;
- обеспечение единым видом энергии всех систем машины (вооружения, защиты);
- обеспечение движения машины в режиме "молчания" (с неработающим основным двигателем);
- обеспечение подводного вождения танка при неработающем основном двигателе;
- экономия энергии путем ее рекуперации при торможении и пр.

Теоретически возникает возможность создания боевых машин совершенно новых концепций и модульных платформ для размещения оружия.

Пока нет конкретных сведений о принятых технических решениях и типе двигателей БМ, создаваемых по программам

## Основные характеристики зарубежных танковых дизелей

Характеристика	ХАV-28	CV-12	MT 883
	США	Великобритания	ФРГ
Диапазон мощности (Не), л.с.	1500...2200	1500...3900	1500...2600
Расход топлива/масла, г/л.с.·ч	145/1,0	155/0,7	160/0,7
Литровая мощность (Нл), л.с./л	54...80	57...150	55...95
Ресурс, ч	3000	2000	2000
Наличие гражданской модификации	+	+	-

FCS, AECV и др. Учитывая, однако, сравнительно короткие сроки, отводимые на реализацию этих программ, а также информацию о том, что западные специалисты отказались от применения форсированного малогабаритного дизеля гражданского назначения в качестве СУ БМ, можно достаточно уверенно утверждать: основными кандидатами на эту роль станут форсированные по параметрам (например, по литровой мощности ~ до 100 л.с./л) и уменьшенные по количеству цилиндров (до 6-8) дизели типа ХАV-28, CV-12 "Кондор" и MT 883 или ГТД (LV-100, США).

Приведенная выше мысль подтверждается сообщением фирмы MTU (Германия) о создаваемом ею двигателе для нового танка по программе AECV, имеющего СУ с гибридным приводом. Проработки конструктивно-компоновочных схем, выполненные фирмой, показали, что использование силового блока ЕРР с дизелем MT 883 (см. журнал "Двигатель" № 5-6, 2000 г.) для размещения в МТО перспективного танка потребует сокращения массы и объема самого дизеля ~ в 2 раза, а объема его систем ~ на 20 %. Следовательно, необходим переход на шестицилиндровую модификацию двигателя MT 880 с одновременным форсированием его по параметрам рабочего процесса ~ на 30 % по сравнению с дизелем MT 883 мощностью 1500 л.с.

НИОКР, направленные на создание СУ для нового поколения зарубежной БТТ, интенсивно продолжаются. Сообщается в частности, что в Германии фирмой Magnat-Motor GmbH (ММ) были изготовлены новые тяговые электродвигатели и генераторы на основе кобальт-самариевых постоянных магнитов с осевым магнитным полем дискового типа, а также новые типы преобразователей энергии и устройств силовой электроники. Достижения фирмы ММ характеризуются следующими показателями: новейшие разработки позволили уменьшить массу электрических генераторов и тяговых электродвигателей в шесть раз, а их объем - в четыре раза. По заказу министерства обороны ФРГ фирма ММ оснастила тридцатитонную БМП "Мардер" ди-

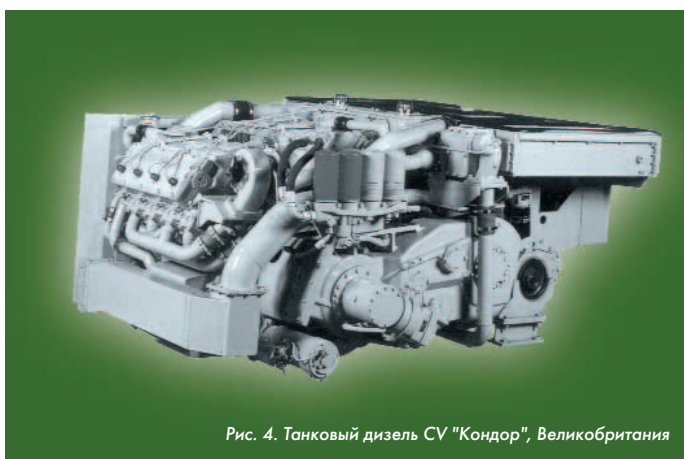


Рис. 4. Танковый дизель CV "Кондор", Великобритания

зель-электрической силовой установкой, состоящей из дизель-генератора мощностью 440 кВт (600 л.с.) и двух тяговых электродвигателей. Каждый из указанных агрегатов независимо от других может подключаться к ведущим колесам и бортовой передаче (взамен серийной гидромеханической трансмиссии).

Электродвигатели, рассчитанные на максимальный тяговый момент 8320 Н·м, обеспечивают выполнение заданных требований по маневренности и управляемости машины. Управление

машиной осуществляется в регенеративном режиме, при котором происходит "перетекание" мощности от одного электродвигателя к другому в процессе осуществления поворотов машины. Электрическая БМП была испытана на стендах и продемонстрировала ряд преимуществ по сравнению с серийным вариантом. Одно из преимуществ заключается в том, что дизельный двигатель с генератором фирмы ММ и системой активного управления мощностью работал только в качестве источника энергии, без механической связи с движителем.

В 1998 г. фирма ММ в качестве субподрядчика компании GDLS (США) - производителя танков "Абрамс" - разработала и представила заказчикам (Управлению перспективных разработок и Управлению Корпуса морской пехоты США) характеристики и описания конструкции всех электрических компонентов силового привода и системы управления "гибридной" колесной разведывательной машины RST-V. К 2002 г. компания GDLS должна изготовить 4 опытных образца машины RST-V, а фирма ММ взяла на себя ответственность за силовой привод, состоя-

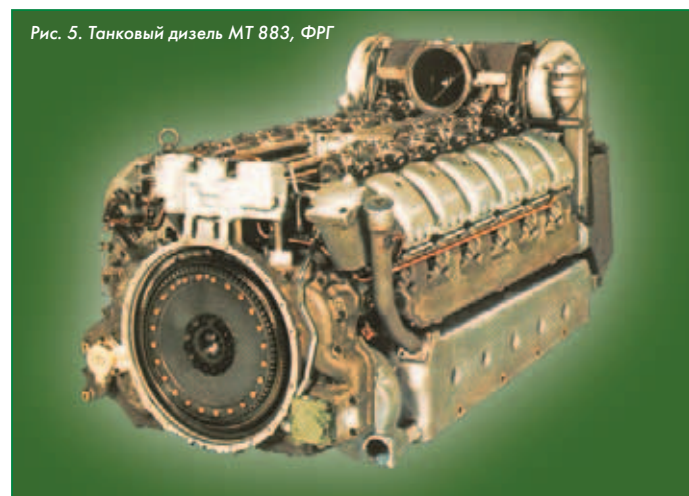


Рис. 5. Танковый дизель MT 883, ФРГ

щий из генератора мощностью 110 кВт и четырех тяговых электродвигателей, встроенных вместе с редукторами в ступицы колес. Машина RST-V относится к типу "гибридных", поскольку дополнительная электрическая энергия мощностью 100 кВт поступает от аккумуляторных батарей.

Фирмой ММ выполнен также цикл экспериментальных исследований магнито-динамического инерционного аккумулятора MDS, установленного на "электрическую" БМП "Мардер". MDS представляет собой инерционную систему с маховиком в виде полого цилиндра (с вертикальной осью вращения), внутри которого встроены электродвигатель-генератор. Ротор изготовлен из углеволоконного композитного материала. Энергия накапливается в MDS, когда электродвигатель, подключенный к внешнему источнику, раскручивает ротор. Затем система переключается в режим генератора, уменьшая скорость вращения ротора, при этом MDS отдает энергию. Размеры, масса и скорость вращения ротора определяют энергоемкость; система электродвигатель-генератор и силовая электроника определяют мощностные характеристики MDS.

Для первых подобных экспериментов на "электрическую" БМП "Мардер" был установлен аккумулятор MDS типа КЗ (разработан для городских автобусов и находится в эксплуатации с 1988 г.). В настоящее время фирма ММ имеет экспериментальные образцы MDS, имеющие энергоемкость до 8 МДж и мощность до 5000 кВт.

Ходовые испытания "электрической" БМП с MDS и теоретические исследования фирмы ММ показали, что характеристики "полностью электрических" боевых машин AECV могут быть существенно улучшены благодаря установке мощного и многоцелевого магнито-динамического аккумулятора MDS, который может обеспечивать как привод движения машины, так и работать в качестве импульсного преобразователя для электрических систем вооружения и других внутренних и внешних потребителей.

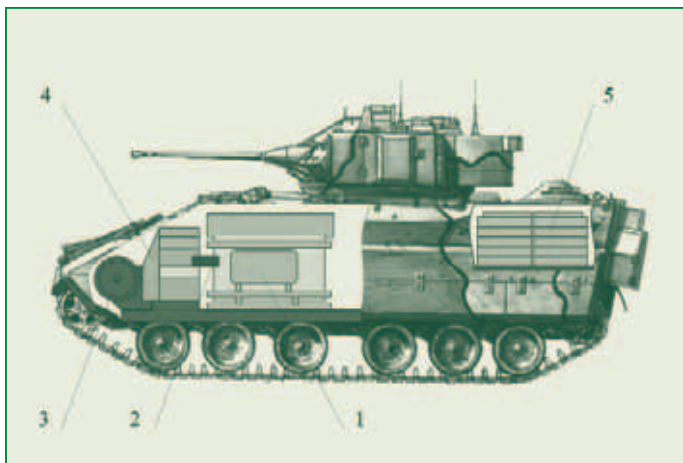


Рис. 6. БМП М-2 "Брэдли" с гибридной силовой установкой, США:  
1 - силовая установка; 2 - контроллер; 3 - блок тяговых электромоторов;  
4 - преобразователь энергии; 5 - накопители энергии (аккумуляторы)

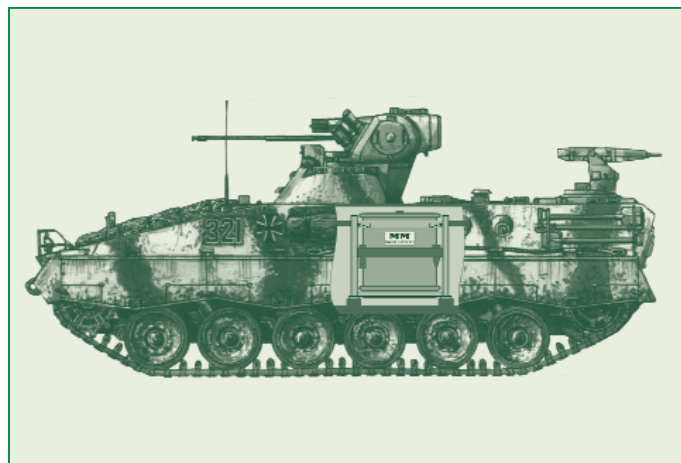


Рис. 7. БМП "Мардер" с гибридной силовой установкой и инерционным магнитно-динамическим аккумулятором энергии фирмы "Магнэт-Мотор", ФРГ

С 1998 г. фирма ММ участвует в совместной программе, проводимой военными ведомствами США и Германии, целью которой является создание "полностью электрической" гусеничной машины. ММ-генератор мощностью 1100 кВт (1500 л.с.) непосредственно связан с дизелем, имеющим максимальную частоту вращения вала 3300 об/мин. Два электродвигателя мощностью 6000 кВт (8150 л.с.) каждый размещены в единых блоках с бортовыми передачами и ведущими звездочками. Система включает также вспомогательные электрические компоненты, такие как электрические вентиляторы, насосы, стартер-генератор и связанные с ними электронные устройства.

Для боевой машины АЕСV аккумулятор МДС в зависимости от размера способен дополнительно выдать от 1000 до 3000 кВт, при этом удельная мощность указанной БМ возрастает с 20 до 60 кВт/т. Имитация ускорений на сухой дороге показывает, что при используемой мощности 3000 кВт машина АЕСV способна разогнаться за 6...8 с от "стопа" до скорости 70 км/ч. Серийному танку "Абрамс" для достижения указанной скорости требуется 34 с. Это доказывает, что МДС может обеспечить очень высокие подвижность, маневренность и, вероятно, живучесть в критических условиях.

"Бросок" машины на расстояние 400 м по пересеченной местности для смены позиции займет вдвое меньше времени - 26 вместо 48 с - и потребует 27 МДж энергии инерционного аккумулятора МДС. Оценки показывают, что для тяжелой 60-тонной

машины при движении в режиме "молчания" на расстояние 1,5...2,0 км по шоссе или 0,7 км по мягкому грунту потребуется 45 МДж энергии МДС.

По данным фирмы ММ, для преодоления по дну водной преграды шириной 400...500 м машине АЕСV потребуется 45 МДж энергии МДС. Отмечается, что сопротивление движению станет существенно меньшим, поскольку отпадает необходимость установки воздухопитающей трубы и трубы отвода отработавших газов двигателя.

Примерные сроки реализации программ НАТО по разработке боевых машин нового семейства FCS и АЕСV следующие:  
2000-2003 гг. - окончательное определение концепции, разработка и испытания демонстрационных образцов;  
2004-2007 гг. - разработка опытных образцов;  
2008-2013 гг. - разработка серийных образцов.

В случае успешного завершения программ в период с 2010 по 2015 г. могут начаться поставки серийных БМ с гибридными силовыми установками. С целью облегчения освоения СУ в производстве фирмы-разработчики стремятся заранее повысить их рентабельность в условиях сокращенного в настоящее время и обозримом будущем объема государственного финансирования закупок ВВТ. Для решения указанной проблемы танковые двигатели создаются либо как двигатели двойного (военно-гражданского) назначения (США, Великобритания), либо как специализированные, но с расчетом на экспорт для нужд БТТ в другие страны (Германия). ◀

Танки, состоявшие на вооружении армий некоторых стран мира 1 января 1998 г.

Страна	Тип	Двигатель	Мощность, л.с.	Количество	Страна	Тип	Двигатель	Мощность, л.с.	Количество
Австрия	M60A	AVDS-1790	750	169	Израиль	"Меркава"	AVDS-1790	900-1200	870
	SK-105	"Стейр" 7FA	320	234		M60	AVDS-1790	750	1400
Алжир	T-72	B-84	840	285		M48	"Континентал"	810	600
	T-62	B-55B	580	300		"Центурион"	RR "Метеор"	600	100
	T-54/T-55	B-54/B-55	520/620	275		T-62	B-55B	580	100
Аргентина	AMX-13	SOFAM 8Gxb	250	50		T-55	B-55	620	200
	TAM	MB 833	720	256		Тип 85	12 150L	730	200
	AMX-13	SOFAM 8Gxb	250	120		Тип 69	12 150L	580	250
	M4	"Форд" GAA	500	96		Тип 59	B-54	520	1200
Афганистан	SK-105	"Стейр" 7FA	320	160		T-55	B-55	620	51
	T-62	B-55B	580	200	M48	"Континентал"	810	450	
	T-54/T-55	B-54/B-55	520/620	400	Тип 63	-	400	100	
	T-34	B-2	500	-	Польша	T-72/T-55	B-84/B-55	840/620	1720
ПТ-76	B-6	240	60	ПТ-76		B-6	240	30	
Бразилия	EE-T1	TBD 234	1040	-	Россия	T-80У	ГТД-1250	1250	5000
	X-1	"Сааб-Скания"	280	120		T-72	B-84	840	9000
	M3A1	R-975	360	150		T-90	B-92	1000	-
	M41	AOS-895	500	250		T-64	5ТДФ	700	4000
Великобритания	"Челленджер-2"	"Кондор" CV-12	1200	100		T-62	B-55B	580	8000
	"Челленджер-1"	"Кондор" CV-12	1200	408		T-54/T-55	B-54/B-55	520/620	10 000
	"Чифтен"	"Лейланд" L60	810	790	M1/M1A1	AGT-1500	1500	8000	
	"Скорпион"	"Ягуар" ХК	195	270	M60	AVDS-1790	750	8800	
Венгрия	T-72	B-84	840	124	M48A5	"Континентал"	810	1100	
	T-55	B-55	620	1063	M551	6V-53T	300	1500	
Германия	"Леопард-2"	MB 883	1500	1808	Франция	"Леклерк"	V8X-1500	1500	31
	"Леопард-1"	MB 838	830	2050		AMX-30B2	HS-110-2	720	650
	T-72	B-84	840	-		AMX-30	HS-110	700	360



# ТЕХНОЛОГИИ СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Анатолий Бадюков,**

заместитель главного инженера НПП "Машпроект", к.т.н.,  
член-корреспондент Академии наук судостроения Украины

## НА НПП "МАШПРОЕКТ"

Научно-производственное предприятие "Машпроект", созданное в 1954 г. в Николаеве, предназначалось для изготовления корабельных газотурбинных установок (ГТУ). Предприятием создано более 70 типов ГТУ мощностью от 2,5 до 110 МВт. Они эксплуатируются не только в ВМФ, но и в энергетике и газовой промышленности. Серийный выпуск ГТУ осуществляет ПО "Зоря". Разработанные на основе ГТУ электростанции, газоперекачивающие агрегаты, энергопоезда и плавучие электростанции поставляются заказчикам Украины, России, Чехии, Канады, США, Греции, Ирана, Китая и других стран. С целью закрепления на рынке современных ГТУ на предприятии организовано сопровождение сложной машиностроительной продукции документацией, соответствующей международным стандартам ISO, в электронном виде.

Многие ведущие зарубежные фирмы рассматривают требование предоставления электронной версии документации как средство ограничения доступа на рынок продукции конкурентов, которые еще не освоили безбумажную технологию.

Современный этап развития информационных технологий в промышленности связан с CALS-технологиями (Continuous Acquisition and Life-cycle Support - непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия или продукта), т.е. с использованием единого информационного пространства на всех этапах жизненного цикла продукции - от ее проектирования до эксплуатации и утилизации.

Компонентами единой информационной среды предприятия являются:

- системы автоматизированного проектирования (САПР) различных уровней;
- полный электронный макет ГТД;
- система управления проектными данными;
- автоматизированная система технологической подготовки производства;
- измерительно-вычислительные системы доводки двигателя;
- система управления предприятием;
- компьютерная сеть предприятия.



Газотурбинный двигатель (компоновка создана в КОМПАС-3D)

Для интеграции этих компонентов и дальнейшей автоматизации процессов создания ГТД требуются:

- техническое перевооружение предприятия;
- приобретение лицензионного системного программного обеспечения;
- разработка и/или приобретение лицензионного прикладного программного обеспечения;
- пересмотр стандартов предприятия;
- повышение компьютерной грамотности ИТР, подготовка новых кадров.

Сегодня на НПП "Машпроект" работают более 300 персональных компьютеров. Для организации баз данных и обеспечения сетевых технологий создается соответствующая мировому уровню локальная сеть предприятия с магистральными оптоволоконными линиями связи между основными корпусами, аппаратными устройствами коммутации, выделенными серверами баз данных и выходом в Интернет.

Наибольший интерес представляет опыт разработки и внедрения систем автоматизации проектно-конструкторских работ (САПР), технологической подготовки производства (АСТПП), исследований и испытаний ГТД и его узлов (АСНИ), управления предприятием (АСУП). В 1981 г. "Машпроект" был назначен головным предприятием по САПР в судовом машиностроении, а с 1989 г. предприятие стало активно сотрудничать с разработчиками системы КОМПАС из Ленинграда (ныне фирма АСКОН). По сути, первые проектные решения по системе КОМПАС проверялись нашими конструкторами с выдачей разработчику соответствующих рекомендаций. В 1990-1991 гг. НПП "Машпроект" закупило около 80 лицензий системы КОМПАС версии 4 и распространило их в ряде КБ и НИИ Минсудпрома.

**Борис Владимирович Исаков, начальник отдела турбин:**

*"Я начинал работать в этом отделе конструктором и хорошо изучил систему КОМПАС. Она обладает всеми функциями, необходимыми для оперативного выпуска конструкторской документации в полном соответствии с отечественными стандартами. Пользуясь этим, мы оформляем в графическом редакторе КОМПАС и чертежи изделий, смоделированных в системе Unigraphics".*

Внедрение системы КОМПАС обеспечило "Машпроекту":

- рост производительности труда конструкторов;
- увеличение объема выпуска конструкторской документации в установленные сроки;

- разработку конструкторских вариантов в сжатые сроки, более глубокую проработку конструкций деталей и узлов и принятие оптимальных решений;

- оперативную доработку опытных чертежей по результатам исследований и испытаний узлов и ПТД в целом.

В настоящее время более ста рабочих мест в конструкторских подразделениях оснащены ПК и чертежно-графической системой КОМПАС-ГРАФИК 4.6. За год машинным способом выпускается около 80 тыс. чертежей условного формата А4. Осуществляется поэтапный переход на систему КОМПАС-3D для WINDOWS. Надеемся, что компания АСКОН продолжит работы по совершенствованию КОМПАС-3D.

В конструкторско-технологическом бюро (КТБ ЧПУ) система КОМПАС-ГРАФИК используется с начала 1990-х гг., первоначально в качестве инструмента для расчета опорных точек контуров и эквидистант при ручном составлении управляющих программ. В дальнейшем средствами КОМПАС-МАСТЕР было разработано специализированное программное обеспечение для упорядочения элементов контуров, пошагового просмотра, вывода контуров в текстовые файлы, технологического оформления эскизов и т.п. В настоящий момент в среде КОМПАС-ГРАФИК разрабатываются управляющие программы для двух типов токарных станков, пяти типов фрезерных станков, двух- и четырехосевой электрорезонансной контурной вырезки. Управляющая программа создается в графическом файле непосредственным рисованием траектории движения инструмента линиями разных типов с включением технологической информации в виде выносок или текстовых строк. Необходимые постпроцессоры разработаны специалистами КТБ ЧПУ. КОМПАС-ГРАФИК также используется для подготовки геометрической информации для трех- и пятикоординатного фрезерования с помощью других программ собственной разработки. За последние пять лет для этих станков разработано около 7,5 тыс. управляющих программ.

**Анатолий Андреевич Яковлев, начальник КТБ ЧПУ:**

*"Мы получаем чертежи деталей из конструкторских отделов по сети и непосредственно на их основе создаем управляющие программы для технологического оборудования. Графический редактор КОМПАС-ГРАФИК столь прост в освоении, что для подготовки в его среде управляющих программ требуется лишь минимальная компьютерная грамотность персонала".*

Автоматизация отдельных процедур проектирования и технологической подготовки производства, дальнейшее увеличение количества ПК дает эффект, однако не приводит к существенному сокращению цикла создания ПТД, так как не вносит принципиальных, качественных изменений в технологию проектирования и доводки ПТД. Поэтому для создания сложных образцов новой техники необходимо использование самых современных мощных систем CAD/CAM/CAE с трехмерным моделированием.

Одной из таких систем является внедренный на нашем предприятии программный пакет Unigraphics (UG) американской фирмы EDS на базе графических рабочих станций Hewlett Packard. Unigraphics является гибкой гибридной системой, сочетающей традиционные принципы геометрического моделирования с параметрическим проектированием, что открывает широкие перспективы в автоматизации конструкторских работ.

Проектирование ПТД требует проведения большого количества теплофизических, газодинамических и прочностных расчетов, для которых нами разработаны прикладные программы. Языки программирования и трансляторы, входящие в UG, позволяют соединить эти программы и использовать их при разработке геометрических моделей. Наличие в UG интерфейса к пакету ANSYS позволяет решать сложные проблемы инженерного анализа конструкций ПТД на основе единой геометрической модели, что значительно повышает точность и достоверность результатов анализа, сокращает время решения задач. Нас привлекает в UG и широкий набор программных модулей CAM, особенно пакет VERICUT для графического моделирования процессов металлообработки. Модули сборки и контроля сборки, кинематики механизмов, черчения, в том числе получение чертежей на основе 3D модели, значи-

тельно расширяют круг пользователей-конструкторов.

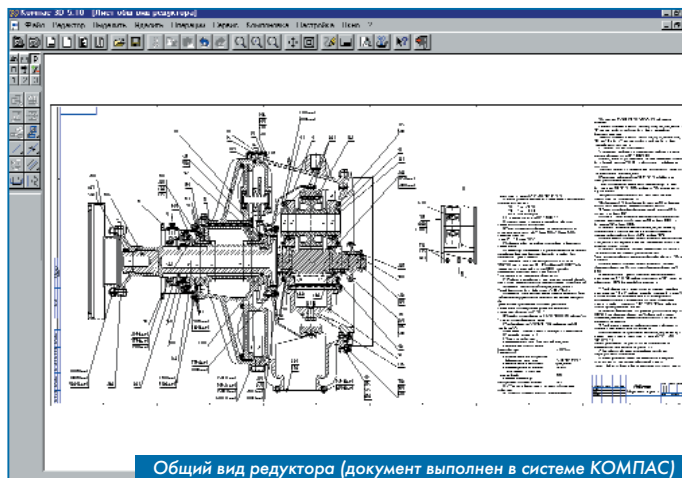
Для совершенствования подготовки производства и существенного повышения качества изготовления наиболее ответственных деталей ПТД в ближайшее время будут интегрированы в единую систему следующие компоненты: проектирование (UG, КОМПАС), подготовка производства (UG, программы для станков с ЧПУ), производство (станки с ЧПУ, контрольно-измерительные машины).

Путем совместного использования системы высокого уровня CAD/CAM/CAE - Unigraphics, системы среднего уровня SolidWorks и конструкторской системы КОМПАС возможно создание электронного макета ПТД, представляющего собой совокупность взаимосвязанных трехмерных моделей деталей, узлов и систем двигателя.

Эффективная работа по формированию и использованию электронного макета изделия возможна в том случае, если данные по этому макету хранятся в единой базе данных разрабатываемого проекта и все взаимодействия по проекту осуществляются через нее. База данных электронного макета ПТД являются единственным источником информации по проекту для всех автоматизированных систем предприятия.

В настоящее время ведущие зарубежные фирмы, в том числе близкие нам по тематике General Electrics, Pratt & Whitney, внедрили систему управления проектными данными IMAN (Information Manager - управляющий информацией), которая работает совместно с Unigraphics. Эту же систему планируется внедрить и на "Машпроект". IMAN позволяет создать единую информационную модель проекта в условиях параллельного процесса разработки, а также на протяжении всего жизненного цикла изделия формировать и сохранять в базе данных всю информацию о нем.

Для автоматизации процедур ввода и вывода различных данных, поиска, контроля, хранения, компоновки, редактирования, изготов-



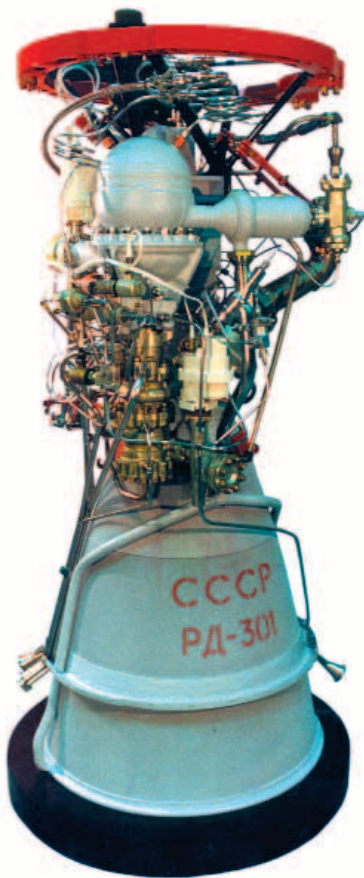
Общий вид редуктора (документ выполнен в системе КОМПАС)

ления документации, информационно-справочного обслуживания по любому виду технической продукции в электронном и печатном виде с уровнем качества, отвечающим современным требованиям, создается автоматизированная система подготовки выпуска технической документации. Она позволяет создать электронный архив технической документации и обеспечивает:

- распределенный доступ к этому архиву любого пользователя;
- получение на основе электронного документа (ЭД) технической документации в любом виде: на магнитных носителях в виде файлов, на бумаге в виде текстов, чертежей, рекламных проспектов и т.п.;
- передачу ЭД заказчику по электронной почте.

**Олег Георгиевич Жирицкий, заместитель генерального конструктора:**

*"Мы твердо уверены, что использование современных информационных технологий позволит нам сохранить передовые позиции в мировом газотурбостроении и выжить в условиях жесткой конкурентной борьбы".* ◀



# К ВЫБОРУ КОМПОНЕНТОВ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА

Геннадий Самарин, Военная академия РВСН им. Петра Великого

Непрерывное совершенствование конструкции ЖРД сопровождается поиском наиболее эффективных видов ракетных топлив. Предъявляемыми при этом основными требованиями к топливам являются: наибольший удельный импульс, максимальная плотность, безопасность и удобство хранения, заправки и эксплуатации. Существуют и другие требования, предъявляемые к компонентам топлива, но все-таки наиболее важным из них принято считать обеспечение наивысшего удельного импульса.

Жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) создают силу тяги за счет химической энергии компонентов топлива, находящихся на борту летательного аппарата. Основным параметром ракетного двигателя - скорость истечения (удельный импульс) - ограничен энергией, содержащейся в единице массы топлива. Считается, что верхний предел химической энергии, запасенный в единице массы топлива, составляет  $12 \cdot 10^6$  Дж/кг. Именно такая энергоемкость двухкомпонентного топлива  $F_2/H_2$  достигается при равновесном истечении продуктов его сгорания из камеры с рабочим давлением 6,9 МПа при степени расширения 600. Такие условия работы камеры сгорания взяты в качестве исходных данных при расчетах теоретических значений удельного импульса.

Отношение действительного удельного импульса к его теоретическому значению или коэффициент полноты удельного импульса может быть достаточно высоким (например, для жидкостного ракетного двигателя космического летательного аппарата многоразового использования "Спейс Шаттл" он равен 0,978). Теоретическое значение удельного импульса может быть получено при равновесном одномерном истечении продуктов сгорания топлива из сопла при отсутствии трения и отвода тепла. Реально же неполное сгорание топлива, потери, связанные с пограничным слоем, нерасчетными условиями и непараллельностью истечения, неравномерностью параметров потока в выходном сечении сопла, а также тепловые потери уменьшают величину удельного импульса. В существующих ЖРД потери могут быть понижены до 5 % и менее (для уже упоминавшегося

выше ЖРД "Спейс Шаттл" эта величина чуть больше 2 %). Важной особенностью ЖРД является и высокий коэффициент полезного действия термического цикла, например для компонентов  $F_2/H_2$  при перепаде давлений (степени сжатия) 27 000, начальной температуре 4546К и конечной температуре 530К он составляет 0,883.

Таблица 1

Металлосодержащие топлива		
Трехкомпонентные водородные топлива	Трехкомпонентные литиевые топлива	Двухкомпонентные металлизированные топлива
$F_2/Li/H_2$	$F_2/Li/N_2H_4$	$N_2O_4/MHF-3+Al$
$O_2/Be/H_2$	$NF_3/NH_3/Li$	$F_2/N_2H_4 + Al$

В настоящее время в космосе широко используются ЖРД на таких компонентах ракетного топлива (КРТ), как  $O_2/H_2$  и  $N_2O_4$ /монометилгидразин (ММГ). Несмотря на то, что пара компонентов  $N_2O_4$ /ММГ имеет относительно низкий удельный импульс, она обеспечивает предвратительную заправку и длительное хранение в заправленном виде при нормальных температурах. Высокоэнергетическое топливо  $O_2/H_2$  применяется в маршевых двигателях ракет-носителей и космических аппаратов "Центавр", "Спейс Шаттл", "Аполлон". Двигатели реактивной системы управления "Спейс Шаттл" и "Аполлон" используют самовоспламеняющееся топливо  $N_2O_4$ /ММГ.

ЖРД разгонных ступеней ракет-носителей "Атлас", "Тор", "Сатурн" работают на топливе  $O_2$ /керосин RP1, а ЖРД ракеты-носителя "Титан" - на  $N_2O_4$ /азрозин (50 % гидразина и 50 % НДМГ).

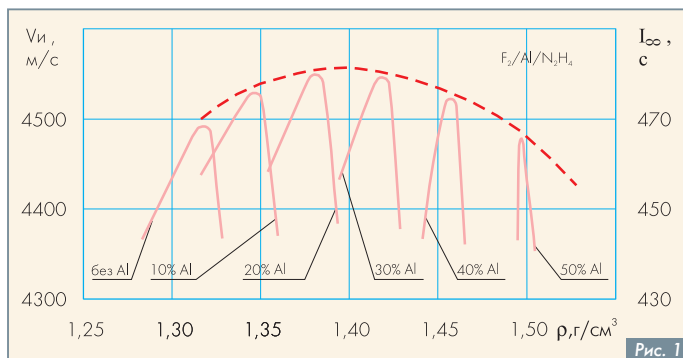


Рис. 1

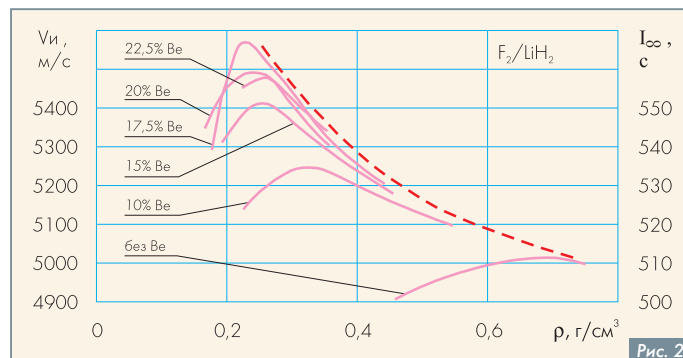


Рис. 2



В качестве возможных высокоэнергетических КРТ анализировались  $ClF_5$ ,  $NF_3$ ,  $N_2F_4$ , а также некоторые другие. Все они обладали такими существенными недостатками, как отсутствие термостабильности, высокая чувствительность к удару. Не появились, в силу различных причин, и новые компоненты топлива с такими же высокими удельными импульсами, как у фтора и водорода.

Следует отметить, что высокими энергетическими характеристиками обладают некоторые металлы. Наивысший удельный импульс обеспечивают водородные трехкомпонентные топлива, при этом оптимальным является сочетание 25 % водорода, металла и окислителя в стехиометрическом соотношении, несмотря на низкую массовую плотность такого топлива. Источником тепловой энергии являются окислитель и металл, а водород - рабочим телом. Двухкомпонентные металлизированные топлива, содержащие металл (обычно алюминий) в виде суспензии в жидком горючем, позволяют получить лишь незначительное приращение удельного импульса и плотности. Особый класс образуют, благодаря возможности длительного хранения, топлива с применением лития.

Разработки четырехкомпонентных жидких топлив с еще более высоким, чем у трехкомпонентных, удельным импульсом не увенчались успехом, поскольку попытки оптимизации находимых составов не давали положительных результатов.

Влияние добавок металлов к двухкомпонентным жидким КРТ на их эффективность иллюстрируется рис. 1 и рис. 2. Добавление лития к топливу  $F_2/H_2$  резко увеличивает удельный импульс, в то же время приводя к понижению плотности (в связи с тем, что относительное количество водорода, необходимое для максимального значения удельного импульса, возрастает с увеличением содержания лития). Алюминий, внесенный в топливо  $F_2/N_2H_4$ , незначительно увеличивает удельный импульс, но при этом вследствие высокой удельной плотности алюминия возрастает плотность топлива. На рис. 3 приведены теоретические значения удельного импульса для различных КРТ (штриховые ли-

нии соответствуют значениям, полученным для трехкомпонентных металлосодержащих топлив). Оценки проводились для долгохранимых компонентов и металлов при температуре 298K, криогенных КРТ - при температуре кипения, лития - при температуре 500K в жидкой фазе.

Таблица 2

Окислитель	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температура затвердевания, °С	Температура кипения, °С	Стоимость, долл/кг	Примечание
$N_2O_4$	1,433	-5,33	21,12	1,0	
$O_2$	1,149	-218,8	-182,93	0,95	
$F_2$	1,505	-219,62	-188,49	44	Химически активный
$NF_3$	1,533	-206,84	-129,01	92	Безопасный
$ClF_5$	1,776	-102,87	-13,91	110	Химически активный
$N_2/F_4$	1,65	-167,92	-72,84	176	Токсичен
$OF_2$	1,521	-224,08	-145,12	110	
$ClF_3O$	1,6			220	
$NF_3O$	1,547	-85,08	-160,14	220	Дорог, низкий $I_{уд}$
$ClF_3O$	1,852	-37,26	30,02	220	Дорог, низкий $I_{уд}$
$ClFO_3$	1,434	-146,24	-46,71	220	Низкий $I_{уд}$

Таблица 3

Горючее или металл	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температура затвердевания, °С	Температура кипения, °С	Стоимость, долл/кг	Примечание
$H_2$	0,0709	-259,66	-252,99	10	
MMГ	0,8702	-52,27	87,84	13,2	
RP-1	0,802	-40	-240,2	0,60	
$N_2H_4$	1,004	1,66	112,86	15,5	Взрывоопасно
$NH_3$	0,607	-77,85	-33,37	0,22	
Li	0,512	179,02	1317,7	44	В жидкой фазе
$B_5H_9$	0,640	-46,71	60,04	220	Дорого, токсично
$B_2H_6$	0,437	-165,14	-92,86	66	Токсично
$CH_4$	0,422	-184,04	-161,8	0,88	Низкий $I_{уд}$
B	2,23	2301,8	2552	320	Незначительный выигрыш в $I_{уд}$
Al	2,70	660,52	2058,9	3,8	
Be	1,85	1273,8	2972,4	365	Очень токсично

ния удельного импульса обеспечивают топлива на основе фтора, но, учитывая высокие токсичность и агрессивность фтора, представляется целесообразным использовать в качестве более безопасных компонентов фтористый азот  $NF_3$  и фторазин  $N_2F_4$  (последний даже более предпочтителен, поскольку позволяет получить теоретический удельный импульс на 5 % выше, чем  $NF_3$ ). При этом следует отметить, что трехкомпонентное топливо  $NF_3/Li/H_2$  характеризуется более высоким удельным импульсом, чем двухкомпонентные  $NF_3/Li$  и  $NF_3/H_2$ . В качестве же альтернативы взрывоопасному гидразину может быть использован аммиак. Результаты расчетов показали, что для топлива фтор/аммиак теоретический удельный импульс превышает 98 % удельного импульса топлива фтор/гидразин. Двухкомпонентное топливо  $F_2/Li$  имеет почти такой же удельный импульс, как и  $F_2/N_2$ .

Оценка приведенных сочетаний КРТ позволяет рекомендовать для применения в маршевых двигателях  $F_2/Li/H_2$ ,  $F_2/Li$  и  $NF_3/Li$ , а в двигателях реактивных систем управления -  $F_2/H_2$ ,  $F_2/NH_3$  и  $NF_3/NH_3$ . Безопасные при обращении и хранении КРТ  $NF_3$  и  $NH_3$  целесообразно использовать при необходимости быстрой разработки ЖРД, если создаваемый импульс имеет достаточное значение. ◀

$F_2$  и Li входят в состав всех топлив, имеющих наивысшие значения теоретического удельного импульса. Применение трехкомпонентного топлива  $O_2/Be/H_2$ , хотя и позволяет получить наивысший теоретический удельный импульс, вместе с тем создает определенные проблемы, связанные со значительными потерями на двухфазность течения и неполным сгоранием бериллия. Крайне сложной является и организация подачи бериллия в камеру сгорания в гомогенном виде.

Как уже отмечалось, высокие значения

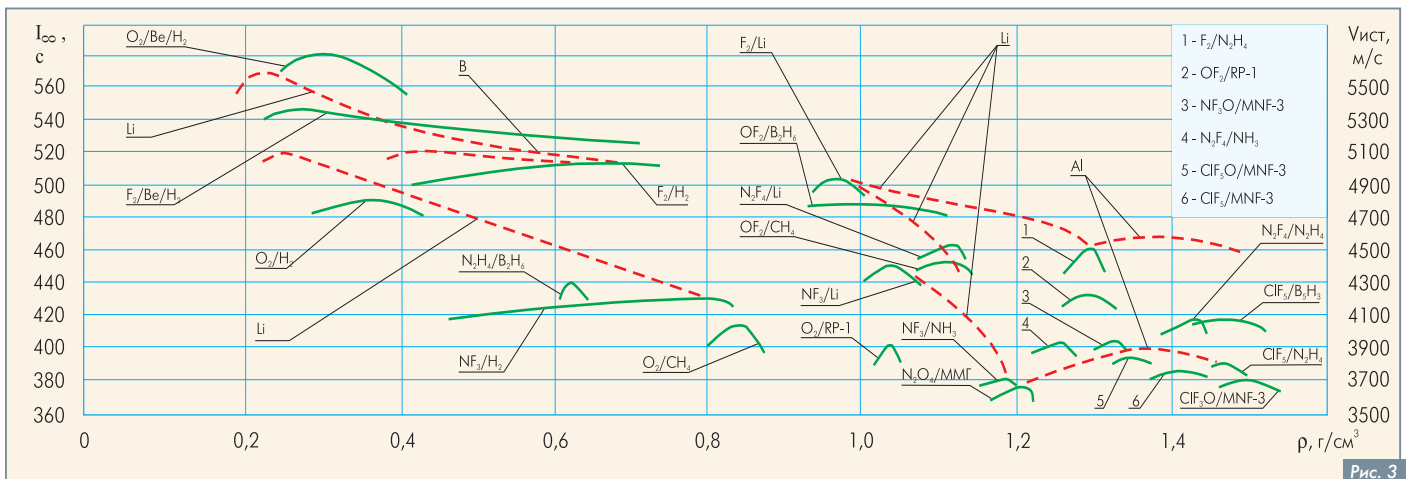


Рис. 3

# СТРУКТУРА ТЕЧЕНИЯ ВБЛИЗИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ РУЛЕЙ

В ракетных двигателях твердого топлива для управления вектором тяги широко используются газодинамические рули. Однако за простотой конструкции и понятным, на первый взгляд, принципом действия скрывается достаточно сложный механизм взаимодействия продуктов сгорания твердого топлива с газодинамическими рулями и поверхностью сопла.



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

**Юрий Кочетков**, начальник отдела, д.т.н.

**Дмитрий Борисов**, начальник сектора, к.т.н.

Из практики применения твердотопливных двигателей известно множество случаев возникновения значительных повреждений поверхности сопел и их прогаров, причем указанные зоны повреждений находились в основном в районе газодинамических рулей. Для изучения причин этого явления были проведены специальные исследования структуры течения вблизи рулей на модельной твердотопливной установке. В данных исследованиях использовались газодинамические рули из тугоплавкого сплава, аналогичные рулям натурных РДТТ, устанавливались на поверхности сопла в сечении, где скорость потока соответствовала числу Маха  $M = 2,5$ . Твердотопливный заряд кратковременного горения обеспечивал продолжительность работы 0,5 с и давление в камере сгорания до 6 МПа. Продукты сгорания содержали конденсированную фазу в виде жидких и твердых частиц окиси алюминия.

В качестве основного метода исследований был выбран метод уноса массы, поэтому сверхзвуковую часть сопла изготавливали из фторопласта-4. Испытания проводились при различных положениях руля (от 0 до 45°) относительно набегающего сверхзвукового потока. В результате экспериментов на поверхности сопла были получены отпечатки в виде системы рельефных узоров, адекватно отображающей структуру течения вблизи стенки сопла в непосредственной близости от рулей.

В процессе экспериментов удалось выявить зоны взаимодействия ударных волн с пограничным слоем и установить наиболее характерные области перехода от одной формы устойчивого течения к другой. При повороте рулей на различные углы были зафиксированы последовательные стадии перестройки сверхзвукового течения, которые являются общими для раз-

личных конфигураций носовых и кормовых (хвостовых) элементов рулей. В процессе экспериментов удалось установить количественное соотношение между величиной относительного максимального уноса материала в области за рулем и величиной угла поворота руля:

$$\bar{\delta} = \frac{\delta_{w \max}}{\delta_{0 \max}} = 1 + 6,5 \cdot \sin \omega,$$

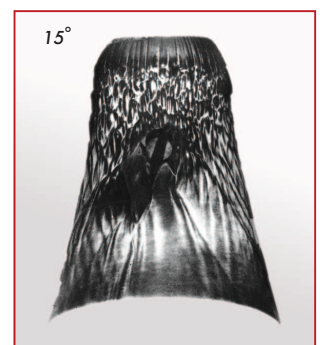
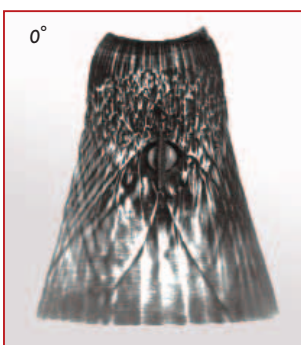
где  $\delta_{w \max}$  - значение максимального уноса при повороте руля на угол  $\omega$ ;

$\delta_{0 \max}$  - значение максимального уноса при нейтральном положении руля.

В ходе специально проведенных экспериментов удалось изучить форму разгара самого руля при воздействии на него двухфазных продуктов сгорания. На приведенных фотографиях иллюстрируются различные стадии перехода устойчивых течений при различных углах поворота руля относительно оси сопла.

Испытания, проведенные на сопле с рулями, которые устанавливались в нейтральном положении, показали, что в непосредственной близости от руля структура течения трехмерная. Различаются три зоны течения в области за рулями:

- зона воздействия головного скачка лобовой отошедшей ударной волны, переходящей в искривленный косой скачок;
- зона хвостового скачка уплотнения, возникающего при натекании на хвостовую часть газового руля с образованием волн сжатия;
- зона донного следа, которая возникает вследствие соединения в одно общее двух течений, обтекающих руль с каждой из сторон.



В лобовой части наблюдается углубление непосредственно за несимметричным скачком. Головной скачок отпечатан на фторопласте в виде гладких лучей слева и справа от руля. Общий вид головного скачка напоминает параболу с фокусом по оси вращения руля. В отличие от обтекания руля в нейтральном положении, при повороте руля на  $2,5^\circ$  появляются две продольные борозды вдоль боковых поверхностей руля, а также новая одиночная борозда в донном следе непосредственно за рулем, превышающая по глубине фоновый унос. Распространяясь к срезу сопла, она теряет интенсивность. Из вершин образовавшейся парной борозды слева и справа от руля выходят два тончайших луча, направленных к срезу сопла.

Увеличение угла поворота руля до  $5^\circ$  привело к увеличению ширины борозды вдоль пера руля. След за бороздой также несколько расширился, и в отличие от предыдущего случая он имел форму дорожки. Очевидно, что течение внутри парной борозды имеет вращающиеся в противоположных направлениях компоненты, которые в сумме с продольным течением образуют парное винтовое течение.

С увеличением угла поворота руля до  $10^\circ$  более четко проявляется несимметрия течения продуктов сгорания по соплу, приводящая к несимметричности разгаров вблизи газовых рулей. Головной скачок несколько размывается, постепенно приобретая отличную от параболы форму. Появляется несимметрия и по границе донного слоя. Протяженности составляющих парных вихрей начинают отличаться по величине и поперечному размеру. По-видимому, угол поворота  $\sim 10^\circ$  является граничным, именно при этом значении происходит переход от условно симметричного течения к несимметричному, а потери удельного импульса тяги начинают отличаться от начальных позиционных газодинамических потерь при условно нейтральном положении руля.

Картина течения при повороте на  $15^\circ$ , по сравнению с углом поворота руля на  $10^\circ$ , оставаясь принципиально похожей, сильно изменяется. Появилась достаточно четкая граница головного скачка. При этом его форма приобрела несколько волнистые очертания. Зона повышенных уносов непосредственно за рулем приняла форму двух явно несимметричных борозд. Со стороны хвостовой части руля глубина борозды и ее длина максимальны. Борозда, исходящая от носовой части руля в затененную область, имеет минимальные размеры. Отмечается увеличение угла расхождения борозд относительно друг друга, что привело к выпрямлению границ донного следа за хвостовыми скачками уплотнения.

При повороте газового руля на угол  $20^\circ$  картина уносов становится еще более рельефной. Линия головного скачка со стороны затененной части руля размывается и даже раздваивается. Наиболее интенсивная ветвь скачка прижимается к поверхности руля. На затененной стороне руля эта линия более четкая, хотя и менее интенсивная. Образовавшаяся со стороны наветренной части руля борозда представляет собой весьма глубокий "каньон" с очень крутыми склонами и узким дном. Завершающая часть "каньона" имеет острые очертания и в вершине своей смыкается с одной из наиболее интенсивных ветвей головной волны. Борозда на подветренной стороне весьма слабая и обозначена нечетко. Форма отпечатков в донном следе достаточно равномерная и плавная.

При угле поворота  $30^\circ$  течение за рулем уже сформировалось, и далее оно упорядочивается. При этом структура потока приобретает четкие очертания. На затененной стороне сформировалась линия лобового скачка уплотнения.

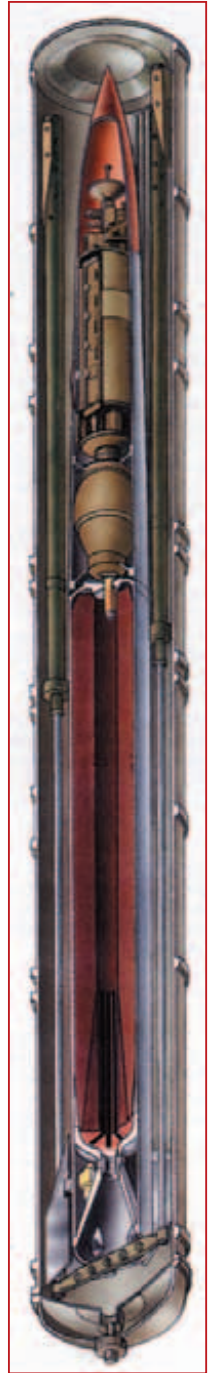
За косым скачком прослеживается зона сдвига набегающего потока. При этом сдвиг происходит в тончайшей зоне, равной ширине скачка.

След в виде "каньона", сформированный на наветренной стороне руля, принимает четкие очертания. Его глубина и протяженность несколько увеличились. Здесь же, на наветренной стороне, начинает формироваться донная область. Унос в этой области достаточно равномерный. Видны остатки вихря на затененной части руля.

При угле поворота руля  $40^\circ$  начинает зарождаться интенсивное течение как на наветренной, так и на затененной стороне руля. На наветренной стороне наблюдается мощный продольный вихрь, простирающийся строго по направлению пера руля и обладающий большим проникающим действием. На поверхности видна продольная борозда с постоянным поперечным сечением. Удалось обнаружить след вихря большой интенсивности, внедрившегося в материал стенки.

С увеличением угла отклонения руля до  $45^\circ$  начинается формирование устойчивого интенсивного разгара за рулем. Область парных вихрей, сходящих с наветренной и затененной сторон, интенсивно развивается, расширяясь в поперечном направлении и в глубину. При этом растут размеры вихря от носовой части руля, где все еще сильным является влияние донной области, которая постепенно приобретает симметричную форму. Унос материала стенки непосредственно за рулем становится все более равномерным. Парные вихри индуцируют большие вращательные составляющие скорости, что приводит к появлению достаточно значительного разрежения, аналогичного возникающему при обтекании треугольных крыльев воздушными потоками.

На основании результатов, полученных при проведении экспериментов в Центре им. М.В. Келдыша, был разработан комплекс расчетных методов и программ, позволивших с высокой точностью прогнозировать параметры течения вблизи газодинамических рулей и разработать конструкции ракетных двигателей, в которых удалось минимизировать воздействие продуктов сгорания твердого топлива на материал стенки сопла. ◀





# ЧТО ХРАНЯТ АРХИВЫ

**Вячеслав Рахманин,**

главный специалист НПО Энергомаш, к.т.н.,  
член-корреспондент РАК им. К.Э. Циолковского

Публикуемые заметки имеют целью уточнение некоторых моментов из истории создания двигателей первой ступени ракеты Р-9. Редакция журнала считает полезным публикацию различных взглядов на историю развития техники, если это не является дезинформацией или намеренным искажением фактов.



Знаю, что в редакцию журнала "Двигатель" приходит немало писем со словами признательности за систематические публикации по истории развития авиационной и ракетной техники.

Однако и среди безусловно интересных, имеющих большое познавательное значение материалов встречаются сведения, по моему мнению, не соответствующие действительно имевшим место событиям. Объясняется это одной распространенной ошибкой, из-за которой автор, являвшийся свидетелем или участником излагаемых событий, при их описании спустя многие годы опирается только на память, свою или своих коллег. К сожалению, человеческая память недостаточно совершенный аппарат для хранения информации, в этом отношении архивные документы лучше, хотя они и не передают эмоциональной стороны происходивших событий. Другой не менее распространенной ошибкой авторов исторических исследований является использование архивов только своего предприятия, что приводит к одностороннему и не всегда объективному освещению событий, т.к. из их изложения выпадает деятельность смежных предприятий, ведущих параллельные работы.

Написать эти заметки меня подвинуло опубликование в журнале № 1 (13) за 2001 г. статьи В.Н. Орлова, советника ОАО СНТК им. Н.Д. Кузнецова, "Жизнь пробуждают в пламенном моторе".

Первое же упоминание, что именно ОКБ Н.Д. Кузнецова, опередив конструкторский коллектив В.П. Глушко, в мае 1959 г. начало делать двигатели для ракеты Р-9, не соответствует действительности. В.П. Глушко и ОКБ-456 были у истоков замысла разработки Р-9 на кислородно-керосиновом топливе с использованием накопленного опыта при создании ракеты Р-7. В апреле и сентябре 1958 г. С.П. Королев, В.П. Глушко и другие члены Совета главных конструкторов (без участия Н.Д. Кузнецова) обращались в высшие партийно-государственные инстанции с предложением о разработке боевого ракетного комплекса Р-9. Создание ключевых конструкций двигателя для новой ракеты в ОКБ-456 было начато в 1958 г. с использованием материальной части двигателей Р-7. Параметры этого двигателя были предварительно определены задолго до выхода правительственного постановления, получения технического задания от ОКБ-1 и выпуска эскизного проекта. К моменту принятия правительственного постановления 13 мая 1959 г. в ОКБ-456 было проведено более десяти огневых испытаний экспериментальных установок. И никаких разногласий по применению топлива на ракете Р-9 у В.П. Глушко и С.П. Королева не было, не следует путать это с эпопеей выбора топлива для Н1.

Относительно выбора схемы двигателя для Р-9 следует указать, что на Совете главных конструкторов в сентябре 1958 г. действительно возник спор между В.П. Глушко и В.П. Мишиным. Последний при поддержке С.П. Королева настойчиво предлагал Глушко взяться за разработку двигателя по замкнутой схеме. Глушко, основываясь на предварительном согласованном с Министерством обороны

подходе (при разработке нового двигателя с целью сокращения сроков было решено максимально использовать опыт создания двигателей для Р-7), отказался. Одним из дополнительных доводов Глушко в пользу применения хорошо проверенной открытой схемы было то, что для решения боевой задачи необходимый удельный импульс тяги мог быть получен и без применения закрытой схемы. Вот тогда-то и появилась идея альтернативной разработки двигателя для Р-9 в ОКБ-276, что получило отражение в постановлении от 13.05.59. Однако главным разработчиком двигателя для ракеты Р-9 в постановлении было определено ОКБ-456.

Относительно величин удельного импульса тяги при использовании разных схем в статье также содержится неточность. Утверждается, что схема с дожиганием генераторного газа дает возможность увеличить удельный импульс тяги на 15...18%. Однако в абсолютных величинах это составляет для кислородно-керосиновых двигателей первой ступени минимум 40...50 кгс-с/кг. В то же время удельный импульс тяги у самого совершенного на сегодня кислородно-керосинового двигателя РД-171 первой ступени РН "Зенит" превышает аналогичную величину у двигателя открытой схемы Р-9 всего на 20 кгс-с/кг. Очевидно, что в статье перепутаны единицы измерения, а это в корне изменяет приведенные доводы.

И последнее. В статье имеется утверждение о том, что С.П. Королев намеревался ракетой Р-9 заменить ракету Р-7 в её космическом использовании. В боевом использовании это действительно было так, а вот что касается космического... Не спешите двухступенчатая ракета Р-9 с тягой первой ступени 141 тс выводить на орбиту "такой же полезный груз, как и ракета Р-7", у которой благодаря пакетной компоновке стартовая тяга составляет 406 тс. И никакая схема с дожиганием здесь не поможет.

Не будем анализировать всю статью, она довольно подробно и, уверен, с соблюдением исторической достоверности доводит до сведения читателей огромную работу ОКБ-276, его поиски, находки и разочарования при выборе варианта двигателей для ракеты Н1. Хотя и в изложении этого материала уже встречаются некоторые натяжки, они не снижают высокой ценности подлинной информации от участника событий. А вот что касается разработки двигателя для Р-9, то оставить без внимания неточности излагаемого материала было нельзя. Неважно, каковы причины неточностей, важно их исправить для исторической достоверности. Цель моих заметок не указать на ошибки другого автора, а довести до читателя точную информацию. Хочется отметить, что ни я, ни уважаемый В.Н. Орлов не являемся ни профессиональными историками, ни журналистами и поэтому заслуживаем снисхождения при оценке наших статей, но мы оба свидетели и участники исторических событий и это накладывает на нас дополнительную ответственность при изложении фактов, которые, надеюсь, будут использованы в будущем нашими последователями. ◀



В самом конце 60-х годов наш завод освоил производство сразу двух новых двигателей для нового истребителя и нового же бомбардировщика. Самая запарка. И, как и положено, именно в это время на двигателе, который выпускали лет пятнадцать и считали хорошо изученным, в полёте начали разрываться диски второй ступени турбины (причина этого - отдельная история). После неоднократного повторения таких аварийных ситуаций всем самолётам с этими двигателями приостановили полеты. Было принято решение - двигатели с самолётов снять и отправить на завод-изготовитель для дефектации дисков на предмет наличия трещин. На нашем заводе тут же возникла проблема - куда все эти двигатели ставить? Если даже занять все заводские проезды, газоны и поставить ящики в два этажа, то площадей все равно не хватит, а в три этажа - не выдержит нижний ящик. Эта головная боль на неделю вывела нашего молодого тогда главного инженера из строя и заодно из кабинета: с мрачным видом "гулял" он по заводу (где на самом деле знал все закоулки) и высматривал, куда бы еще можно было поставить ящики.

В таком состоянии повстречал он знакомого, молодого моториста лаборатории прочности, который после приветствия сразу полез с неожиданным вопросом, на первый взгляд неуместным, глупым и где-то даже дерзким: "Миш, а помнишь, как на сборке называют эти разрывающиеся диски?" (А их называли за своеобразную форму "горшками"). На недоуменный взгляд главного инженера последовал второй вопрос: "А как проверяют горшки и прочую посуду в магазине?". На встречный вопрос: "Ну...?" последовал вопрос-ответ моториста: "А что, если стукнуть по диску, не снимая двигатель с самолёта, и послушать звук?"

На самом деле сборщики в лаборатории прочности, никому из высокого начальства не докладывая, уже получили осциллограммы колебаний снятых с двигателя дисков с трещиной и без трещины. Они придумали и приспособили для тарированного удара по диску, позволявшее осуществлять дефектацию двигателя прямо на боевом самолете. Время для этого, как ни странно, было, потому что для выполнения плана освоения новых изделий работать приходилось сутками, запасной комплект виброизмерительной аппаратуры в полной готовности стоял на столе, а вызова на испытательную станцию проходило порой ждать часами. "Чего в наш дремлющий порой ни входит ум", - ведь не все же "козла" гонять.

Главный инженер, узнав о предварительных результатах, просиял и тут же заявил, что лично проследит за обеспечением изобретателей всем необходимым. Работа по созданию аппаратуры контроля дисков быстро продвигалась, но вдруг возникло затруднение, показавшееся поначалу непреодолимым. Диаметр отверстия, через которое нуж-

но было просунуть к проверяемому диску датчик, составлял всего-то 8 мм, а вибродатчиков такого малого размера в мире серийно нигде не выпускали. Поначалу всю затею (непреодолимые силы стихии!) чуть было не бросили. Решение нашлось на уровне "юного радиолюбителя": вместо специальных датчиков придумали использовать кристаллы звукозаписывающих аппаратов от электропроигрывателей - пластинки пьезокварца шириной как раз 6...8 мм, которые можно было купить в любом радиомагазине по цене 40 коп. за штуку. Мы их и купили в "сотом" на Рогожке целую горсть. На свои деньги. Идея тут же была опробована и доказала свою работоспособность.

Совершенно естественным образом разрешилась проблема усилителя сигнала для такого экзотического "самопального" прибора: уж если купили "датчик" от элект-

ром сетевого напряжения и контрольным генератором колебаний для проверки аппаратуры перед работой.

Дабы узаконить предложенную методику пригласили специалистов из ЦИАМ, которые тихо просидели дня три в дальнем углу, изучая результаты работ. Единственное, что они предложили (в интересах придания научной весомости нашей самодельщине), так это ввести "сомнительную зону", куда следовало относить все двигатели, о которых нельзя точно сказать: есть или нет в них трещина на диске. Это смотрелось уже солидно и научно. С введением "сомнительной зоны" сразу согласились, т.к. необходимость оставить место для сомнения была нам ясна и раньше, но сформулировать это самостоятельно как-то не выходило. В дальнейшем при проверках в сомнительную зону попало всего лишь три двигателя из многих сотен проверенных.

## Не боги горшки...

**Виктор Аршинов**

Рисунок **Владимира Романова**



рофона, то купить и сам электрофон - как усилитель. Он выпускался в чемоданчике с ручкой - делать ничего не надо, и по аэродромам возить - одно удовольствие. Был приобретён самый дешёвый проигрыватель "Молодежный" и тут оказалось, что на его панели имеются гнезда для дополнительного громкоговорителя, к которым можно было подключить осциллограф. Теперь не только фиксировалась осциллограмма колебаний диска, но появилась возможность еще и услышать эти колебания, точно так же, как в магазине слушают звук, простукивая посуду при покупке для выявления трещин. Заказчики всё-таки потребовали испортить (с точки зрения нашей бригады - коллективного автора) хорошую вещь - электрофон, демонтировав электропроигрывающее устройство. Заменяли его вольтмет-

Всего было изготовлено пять комплектов аппаратуры, из которых три с заводскими бригадами разъехались по стране. С их помощью проверили весь парк двигателей. Обоснованность съёма "движка" подтверждалась разборкой на заводе. Ошибочных снятий не было, а разрывы дисков больше никогда не фиксировались!

Проблему тогда решили настолько основательно, что все надолго забыли об этом способе контроля. Теперь диски проверяют ультразвуковыми датчиками, и этот процесс занимает много времени. А наша "метода" требовала всего около секунды, не считая подготовительно-заключительного времени. Вот ее бы и "конверсировать". Правда, электрофонов сейчас, кажется, больше не выпускают. Может, в этом-то и причина, а? ◀

# АВИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

ФНПЦ ММП "Салют":

**Юрий Елисеев**, генеральный директор, д.т.н.

**Вячеслав Беляев**, главный конструктор промышленных ПГУ

**Александр Косой**, заместитель главного конструктора промышленных ПГУ

**Пуск первой в России энергетической парогазовой установки, работающей по сложному циклу STIG, намечен на ТЭЦ-28 (филиале АО "МОСЭНЕРГО"). Произойдет это событие в 2003 г. Принятию решения о создании такой установки предшествовал анализ технической возможности и экономической целесообразности проекта. Оказалось, что для его реализации в наибольшей степени подходит газотурбинный двигатель АЛ-21Ф-3.**

Для нормальной жизни населения и эффективной деятельности предприятий требуется очень много разнообразных вещей, но, прежде всего, необходимо обеспечение электроэнергией и теплом. В обеспечении этими видами энергии Москва, являясь громадным промышленным городом, имеет свои особенности, которые заключаются в следующем.

Во-первых, энергосистема, с точки зрения электроэнергии, в какой-то степени избыточна, а по тепловой энергии - дефицитна.

Во-вторых, средний электрический к.п.д. действующих ТЭЦ низок и составляет примерно 20 %.

В третьих, энергосистема переживает топливный дефицит.

В четвертых, московский регион предъявляет повышенные требования к экологической безопасности энергетических объектов.

Исходя из вышеперечисленного, можно отметить, что на фоне стабильного роста цен на газообразное топливо и вводимых ограничений на его использование дальнейшая эксплуатация, модернизация и ввод новых паротурбинных мощностей (по циклу Ренкина) даже с теплофикационным циклом экономически невыгодны.

Мировая тенденция такова: в энергетике с целью повышения электрического к.п.д. интенсивно внедряются парогазовые установки (ПГУ) бинарного цикла. В состав таких установок помимо газотурбинных двигателей входит традиционная паротурбинная установка с паровой турбиной и котлом. Отработавшие газы газотурбинных двигателей передают тепло воде и водяному пару в котле-утилизаторе. В настоящее время в СНГ ведется разработка и строительство нескольких установок этого типа. Наиболее широко известным проектом является ПГУ мощностью 325 МВт на базе двух газотурбинных двигателей ПГ-110 мощностью 110 МВт. На декабрь 2001 г. намечен первый пуск ПГ-110 на полигоне Ивановской ТЭЦ. Ожидаемый электрический к.п.д. установки в расчетной точке, без учета собственных нужд, составит 51,5 %. Отмечается также, что электрический к.п.д. ПГУ-325 снижается до 45 %, если установка применяется в теплофикационном режиме (с отбором пара от паровой турбины).

В этом же году на Северо-Западной ТЭЦ в Санкт-Петербурге запущена в эксплуатацию ПГУ-450 на базе ПГД V64.2 фирмы Siemens. Проектные экономические показатели ПГУ Северо-Западной ТЭЦ аналогичны ПГУ-325, но практикой к настоящему моменту не подтверждены. Следует отметить, что 1 кВт вводимой в строй мощности стоит более \$1200. По данному показателю эту ПГУ можно охарактеризовать как проект с большим сроком оку-

паемости, что делает его малопривлекательным для финансирования как на стадии строительства, так и на стадии доводки. Подтверждением этого являются растянутые сроки строительства Северо-Западной ТЭЦ, а также затянувшееся изготовление и доводка ПГ-110. Одним из факторов, увеличивающим срок создания ПГ-110, является сложность отработки камеры сгорания по экологическим показателям.

При выборе установки для АО "МОСЭНЕРГО" предполагалось, что она должна иметь электрический к.п.д. не менее 43 % в теплофикационном режиме, а удельная стоимость ПГУ не должна превышать \$450 за 1 кВт. При этом экологические показатели должны отвечать самым высоким требованиям. Выбор ПГУ STIG, представляющей собой парогазовую установку без отдельной паровой турбины, был обусловлен более простой тепловой схемой. При этом значительно сокращаются сроки строительства и монтажа, уменьшаются эксплуатационные затраты, и, самое главное, уменьшается стоимость установки по сравнению с ПГУ бинарного типа. Анализ характеристик парогазовых установок, работающих по циклу STIG, подтвердил достижения в настоящее время электрического к.п.д. на уровне 48...50 %. В состав разработанной ПГУ STIG входит следующий набор оборудования:

1. Газотурбинный двигатель (ГТД). Для обеспечения оптимальных параметров цикла двигатель должен иметь высокую степень сжатия в компрессоре и высокую температуру отработавших газов. Достаточно высокие параметры цикла достижимы при степени сжатия ( $\pi_k$ ) в компрессоре на уровне 10, температуре газа перед турбиной 1200-1400 °С и за турбиной 700-800 °С. При этом, вследствие ориентации на процесс STIG в конструкции ГТД необходимо предусмотреть систему ввода воды в компрессор, а также систему парового охлаждения камеры сгорания и турбины.

2. Паровая турбина (ПТ). Она должна быть с противодавлением в расчете на то, что отработавший пар после паровой турбины будет подаваться в камеру сгорания и на охлаждение турбины ГТД.

3. Котел-утилизатор пара (КУП). Рациональной является такая его конструкция, которая обеспечивает возможность промежуточного подогрева пара, направляемого после паровой турбины в камеру сгорания ГТД.

4. Контактный конденсатор (КК). Основная роль конденсатора заключается в извлечении паров воды из отработавших газов. Количество воды, извлекаемой с помощью контактного конденсатора, должно превышать требуемый расход котла-утилизатора





пара с учетом оборотной воды, подаваемой в конденсатор на охлаждение. С целью передачи возможно большего количества тепла в тепловую сеть следует повышать температуру воды, сливаемой из контактного конденсатора, поэтому КК выполняется двухступенчатым.

5. Дымосос (ВК). Дымосос создает разрежение на выходе из контактного конденсатора, опосредованно уменьшая нагрузку на компрессор ГТД. При этом, надо учесть, что повышение параметра  $\pi_t$  (степени понижения давления в турбине) приводит к уменьшению температуры газопаровой смеси за турбиной и, как следствие, к снижению количества генерируемого в котле пара. Поэтому мощность дымососа выбирается как с точки зрения преодоления гидравлического сопротивления котла-утилизатора пара и контактного конденсатора, так и по оптимальным температурам в турбине.

6. Турбогенератор с редуктором. Здесь необходимо отметить, что наличие редуктора напрямую зависит от выбора частоты вращения валов турбины и турбогенератора и является задачей конструкторской оптимизации ПГУ.

7. Теплонасосная установка (ТНУ). Она предназначена для подачи необходимого количества охлаждающей воды в контактный конденсатор и откачки из него холодной оборотной воды.

Указанный состав оборудования парогазовой установки, работающей по сложному циклу STIG, обеспечивает требуемую теплофикационную нагрузку блоку. При этом экологическая безопасность достигается достаточно простыми, с точки зрения доводки, способами. Так, снижение эмиссии вредных выбросов  $\text{NO}_x$  в отходящих газах до величины меньше  $50 \text{ мг/м}^3$  осуществляется путем подвода воды в компрессор газотурбинного двигателя и в контактный конденсатор, а также путем ввода пара в камеру сгорания. Помимо этого ПГУ STIG, в состав которой входит контактный конденсатор, обеспечивает выброс газов с температурой всего  $30...60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Указанные уровни температурных и эмиссионных выбросов дают основание говорить о предпочтительности применения ПГУ STIG для АО "МОСЭНЕРГО".

Следует сказать несколько слов о разработанной ФНПЦ ММП "Салют" пароконпрессорной теплонасосной установке. Термодинамический цикл, реализованный в данной ТНУ с рабочим веществом  $\text{R718 (H}_2\text{O)}$ , приближается к циклу Лоренца, а коэффициент передела равен 7,5. Это значительно выше коэффициента передела применяемой в настоящее время в

"МОСЭНЕРГО" теплонасосной установки, работающей на органическом хладоне. Замена органического рабочего вещества ТНУ на неорганическое (воду) обеспечивает повышенную экологическую безопасность, упрощает эксплуатацию и позволяет повысить уровень достигаемых температур.

Что касается конструктивного исполнения ПГУ STIG, то и здесь найдены пути, обеспечивающие приоритетность и преимущества созданной конструкторами ФНПЦ ММП "Салют" парогазовой установки. Дело в том, что к настоящему моменту в России несколькими серийными заводами изготовлены десятки тысяч ГТД. Эти двигатели, характеризующиеся сейчас как "устаревшие", частично или полностью выработали свой летный ресурс и в большинстве своем не имеют будущего в смысле применения по своему прямому назначению. Как правило, такие ГТД утилизируются.

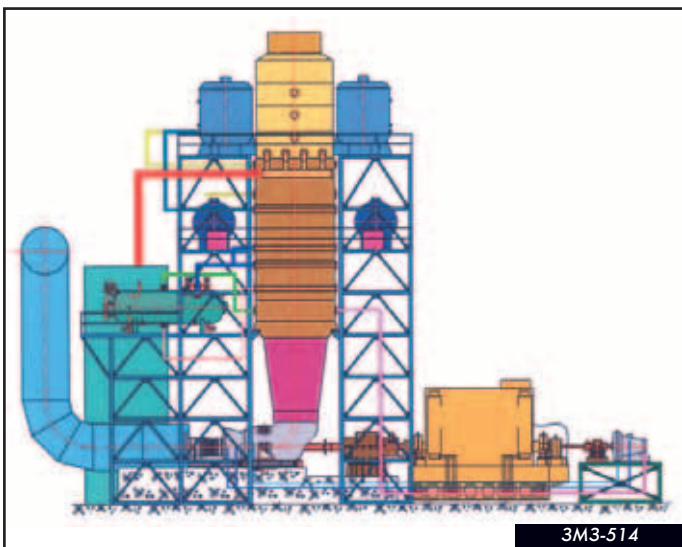
Специалистами ММП "Салют" предложено для удешевления проекта использовать в составе ПГУ STIG материальную часть "вышедших в тираж" авиационных ГТД. При этом преимущество данного предложения, связанное с экономией затрат на изготовление отдельных узлов ГТД, является очевидным, но не единственным. Немаловажным аспектом является также то, что используются конструкции, доведенные до совершенства и проверенные многолетней эксплуатацией. Экономия затрат на опытно-конструкторские и научно-исследовательские работы составляет значительную сумму. При этом уменьшаются также сроки доводки применяемых узлов и ПГУ в целом, а значит, дополнительно сокращаются финансовые затраты.

Из известных авиационных ГТД конструкторы ММП "Салют" для ПГУ STIG выбрали наиболее предпочтительный элемент - компрессор двигателя третьего поколения АЛ-21Ф-3. Данный двигатель, разработанный в конце шестидесятых - начале семидесятых годов, долгое время производился на ММП "Салют" и устанавливался на самолеты Су-17М, Су-24 и МиГ-23Б. Компрессор АЛ-21Ф-3 имеет степень повышения давления  $\pi_{\chi}=15$ , одновальную схему с развитым регулированием. Десять направляющих аппаратов, включая входной, имеют поворотные лопатки, управляемые регулятором в зависимости от приведенной частоты вращения ротора компрессора. Ротор компрессора барабанно-дисковый, стяжной с хиртовым соединением. Надроторная часть статора компрессора покрыта "мягкой специальной" смесью, которая защищает торцы рабочих лопаток от износа, поддерживает минимальные радиальные зазоры, что

позволяет увеличить к.п.д. компрессора и его срок службы. Таким образом, наличие большого количества двигателей, в которых компрессор обладает целым рядом положительных свойств (широкий диапазон регулирования, большой ресурс, модульность и высокий к.п.д.), а также то, что это "родной" для ММПП "Салют" двигатель, предопределило его применение в проектируемой установке ПГУ STIG.

Конечно, в связи с тем, что энергетические установки отличаются от авиационных двигателей значительно большими сроками работы - десятки тысяч часов, возникла необходимость в доработке компрессора по целому ряду узлов.

Прежде всего, в опорах компрессора подшипники качения, ограничивающие ресурс, заменены подшипниками скольжения. Другим элементом, на который обратили внимание разработчики, стали поворотные лопатки компрессора двигателя АЛ-21Ф-3. Их наличие позволяет упростить доводку ПГУ на стадии его создания. Однако большое количество поворотных лопаток ограничивает ресурс компрессора. Поэтому в компрессоре двигателя АЛ-21Ф-3, предназначенного для применения в ПГУ STIG, значительная часть поворотных лопаток после доводки закрепляется неподвижно. Для обеспечения регулирования работы ПГУ поворотным оставлен только входной направляющий аппарат компрессора, однако и он усилен по узлам крепления. Помимо этого компрессор необходимо дорабатывать для обеспечения ввода воды в проточную часть, а также по устройству подвода мощности для обеспечения запуска.



С целью улучшения технико-экономических и экологических характеристик ПГУ в компрессоре предусмотрен целый комплекс конструктивных мероприятий, связанных с использованием воды, имеющейся в контурах ПГУ STIG. Подача воды в проточную часть компрессора обеспечивает не только изотермирование процесса сжатия воздуха и, как следствие, снижение затрат на работу сжатия. Уменьшение температуры воздуха на выходе из компрессора, как результат подачи воды в компрессор, приводит также к снижению эмиссии вредных выбросов  $\text{NO}_x$  в отработавших газах установки. Это объясняется относительно низкой температурой газа в зоне горения камеры сгорания.

Для снижения температуры газа в зоне горения камеры сгорания, а значит, и уровня вредных выбросов в установке ПГУ STIG применяется также ввод в зону горения "экологического" пара. Пар снижает температуру горячих продуктов сгорания, поступивших из зоны горения, до заданного значения перед турбиной. Балластировка газов паром позволяет уменьшить содержание кислорода и азота в горячей газопаровой смеси и, таким образом, снизить вероятность их химического соединения.

В обеспечение приемлемых для АО "МОСЭНЕРГО" экологических показателей в предлагаемой установке организован также подвод воды на выходе. Это позволяет решить несколько задач. Помимо уже сказанного, при орошении отработавшей па-

рогазовой смеси водой в контактном конденсаторе, в нем конденсируется необходимое количество воды и снижается температура осушенных отработавших газов. Извлеченная в контактном конденсаторе вода обеспечивает непрерывную работу установки без дополнительного подвода к ней свежей воды. Уменьшение температуры выхлопных газов позволяет снизить тепловое загрязнение окружающей среды и уменьшить работу сжатия в дымососе на выходе из контактного конденсатора.

Как указывалось выше, в разрабатываемой ПГУ STIG сливаемая из контактного конденсатора вода имеет достаточно высокую температуру (порядка  $70^\circ\text{C}$ ), а ее количество довольно велико. Все это предопределило появление идеи использования воды из контактного конденсатора для подогрева сетевой воды. Оказалось, что нагрев сетевой воды возможен до температуры  $90...100^\circ\text{C}$ , а осуществлять его целесообразно с помощью пароконденсационных теплонасосных установок.

Основу пароконденсационного ТНУ производства ФГУП ММПП "Салют" составляет также компрессор авиационного двигателя АЛ-21Ф-3. Упомянутая ранее развитая система регулирования компрессора АЛ-21Ф-3 обеспечила сокращение сроков его доводки при работе на водяном паре. Использование ТНУ с водой в качестве рабочего тела является неоспоримым преимуществом при выборе перспективного агрегата перекачки тепла с точки зрения его экологической безопасности. Использование готовой материальной части обеспечивает такому решению дополнительные преимущества. ММПП "Салют" разработал и предлагает к применению целый ряд пароконденсационных ТНУ с авиационными компрессорами мощностью 2, 6 и 10 Гкал и т.д. В сконструированной ПГУ для АО "МОСЭНЕРГО" используются шесть ТНУ общей тепловой мощностью свыше 45 Гкал.

Таким образом, предлагаемый подход к созданию ПГУ предполагает использование в установке компрессоров как минимум семи авиационных ПТД. Заметим, что утилизационная стоимость ПТД сосредоточена, главным образом, в материалах турбины, основной и форсажной камер сгорания. Эти узлы двигателя изготавливаются из дорогостоящих сплавов, основу которых составляет никель. Указанная экономия средств позволяет говорить о предлагаемой ПГУ STIG как о дешевой установке. Но ее низкая себестоимость определяется не только этим.

Рассматривая в качестве компрессора ПТД ПГУ STIG компрессор АЛ-21Ф-3, можно отметить, что реализуемая с его помощью электрическая мощность составляет 100-120 МВт при приемлемой на современном этапе температуре парогазовой смеси перед турбиной. Это в 3-6 раз больше реализуемой мощности двигателя как в простом, так и в бинарном цикле. То есть, практически один и тот же состав оборудования (ПТД, КУП с приблизительно одинаковыми расходами рабочего тела), затраты на изготовление которых также практически одинаковы, имеют различающиеся в несколько раз технические характеристики. Не повод ли это к более внимательному рассмотрению существа вопроса?

В отношении современных экономических и экологических требований, предъявляемых к энергетическому оборудованию, представленные выше аргументы, характеризующие разработанную на базе авиационных газотурбинных двигателей ПГУ STIG, говорят о перспективности использования таких установок в энергосистемах России, и, в частности, в АО "МОСЭНЕРГО". Схема предлагаемой ПГУ представлена на рисунке.

В заключение следует отметить, что создание первой в России ПГУ STIG на основе авиационного двигателя АЛ-21Ф-3 позволит сократить продолжительность этапа внедрения перспективной газотурбинной техники в "большую" энергетику. Скорейшее начало эксплуатации ПГУ STIG даст возможность приблизить сроки обучения обслуживающего персонала электрических станций для работы с ПГУ. А самое главное то, что в результате создания и отработки такой ПГУ, а также на основе накопленного опыта при пробной эксплуатации, появится возможность реального создания в России новой перспективной высокоэкономичной энергетической установки. ◀



# ГДЕ И КАК ГОТОВИТЬ СПЕЦИАЛИСТОВ?



28 ноября 2001 г. на ФНПЦ ММП "Салют" состоялся семинар, посвященный теме "Деятельность учреждений профессионального образования по расширению подготовки кадров для промышленности г. Москвы". В работе семинара приняли участие представители Городской Думы, Московского правительства, Московского комитета образования, Гильдии Московских Промышленников, руководители промышленных предприятий и директора учреждений профессионального образования города.

С вступительным словом к собравшимся обратился президент Гильдии Московских Промышленников И.Я. Кременецкий. С докладом "О состоянии подготовки кадров для промышленности Москвы" выступил заместитель председателя Московского комитета образования Ю.И. Семичастнов. Об опыте работы по обеспечению ФНПЦ ММП "Салют" рабочими кадрами рассказали заместитель генерального директора по науке В.В. Крымов и директор профессионального училища № 7 И.А. Ходас. Об опыте внедрения модульной системы подготовки кадров доложил заместитель директора Международного центра развития модульных систем

Н.А. Рысс. Другие выступающие рассказали о практике обучения рабочих профессиям.

К числу "достижений" перестройки можно отнести почти полную ликвидацию на производственных предприятиях кадровых специалистов: как рабочих, так и инженерно-технических сотрудников. Падение объемов промышленного производства до пяти и менее процентов от тех значений, которые были характерны для далеко не лучшего 1991 г., привело к массовому уходу с предприятий работников, причем не худших, а наиболее квалифицированных. Их судьба сложилась по-разному: кто-то подался в торговые и обслуживающие коммерческие структуры, завел свой бизнес, а кто-то подался этот бизнес охранять. В любом случае сейчас, когда российская промышленность начинает понемногу подниматься, эти люди для производства практически потеряны. Перед руководителями предприятий встала очень серьезная проблема поиска, подготовки и переподготовки кадров. Выпускников учебных заведений не хватает для восполнения потерь, да и отсутствие на большинстве заводов "привлекательных моментов" (нор-

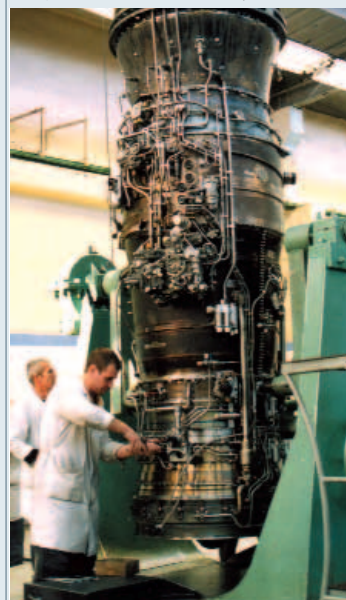
мальной заработной платы, социальной поддержки молодых специалистов и т.д.) приводит к тому, что молодежь не идет на производство. Почти все выпускники специализированных колледжей и ПТУ призываются в армию, после которой они забывают то, чему их учили, теряют ориентацию на профессиональный рост, полученную во время учебы, зато приобретают более широкий кругозор и возможность оценить разные варианты трудоустройства. Зачастую подготовленного на том или ином предприятии специалиста, в обучение которого были вложены громадные деньги, просто переманивают на новое место большей зарплатой (существенно экономя при этом на обучении кадров).

Продолжением тех же тенденций стали еще два аспекта кадровой проблемы, возникшие за годы перестройки. Один из них - уход из ПТУ преподавателей различных рабочих профессий (причина все та же), а другой - перепрофилирование самих ПТУ (вместо специалистов по работе на станках с ЧПУ стали готовить бухгалтеров и секретарей-референтов).

Участники совещания попытались не просто сформулировать перечень проблем, но и предложить некоторые пути их решения. Для улучшения подготовки молодых специалистов предложено восстановить вечерние формы обучения и шире внедрять обучение сотрудников предприятий в институтах и университетах на контрактной основе. Признано целесообразным создание учебных центров на крупных предприятиях для целевой подготовки и переподготовки специалистов. Одним из

важнейших направлений станет периодическая переподготовка кадров в ВУЗах. Она должна вестись с учетом широкого внедрения информационных технологий и системы качества, отвечающей требованиям международных стандартов ISO 9000.

В интересах обеспечения предприятий Москвы рабочими кадрами предложено создать на крупных предприятиях учебные цехи, где по ускоренной программе начать обучение рабочих остродефицитным профессиям, прежде всего станочников (токарей, фрезеровщиков, шлифовщиков, операторов станков с ЧПУ). По этим



же профессиям предложено увеличить или возобновить набор в профессиональных училищах Москвы.

Проблема подготовки кадров для промышленности волнует многих, в том числе и мэра города. Совсем недавно, побывав на заводе "Салют", Ю.М. Лужков значительную часть своего времени провел в институте целевой подготовки, где осмотрел учебные аудитории и ознакомился с процессом обучения. О том, что проблема подготовки кадров стоит очень остро и требует скорейшего решения, свидетельствует и проведенное 6 декабря в Российском авиационно-космическом агентстве совещание с аналогичной повесткой.

Александр Идин





# НА ПУТИ К ВСЕРЕЖИМНОМУ ТОПЛИВНОМУ НАСОСУ

ЗАО "ЦВНТ ЦИАМ", Россия:

**Владимир Петров**

**Федор Олифиров**

**Юрий Демьяненко**

**Владимир Буковский**

Компания "Вудвард Гавернер", США:

**Мартин Гласс**

**Майкл Гэрри**

**Дмитрий Барышников**

Актуальность создания насосов, работоспособных в широком диапазоне подач (от 1,5 до 100 % номинальной), обусловлена разнообразием режимов работы различных самолетных систем. Универсальность конструкции будет способствовать резкому сокращению номенклатуры применяемых насосов, а их унификация по основным узлам – снижению стоимости эксплуатации и материальных затрат при производстве и ремонте насосов.

Попытке создания "всерезимного" топливного насоса препятствует, прежде всего, существенный подогрев топлива в насосе при глубоком дросселировании по подаче на режиме малых приведенных расходов  $Q/n$ . Кроме того, при  $(Q/n)_{\max}$  весьма велика вероятность срывных режимов работы, обусловленных возникновением кавитации в отводящем устройстве. При дросселировании, а также на переходных режимах в насосах широкого рабочего диапазона также могут возникать кавитационные автоколебания. Любой из этих факторов может привести к неработоспособности насоса.

Уменьшения подогрева на режимах глубокого дросселирования можно добиться правильным выбором расчётного режима еще на этапе проектирования насоса. При разработке насосов, описание которых дается в настоящей статье, рабочее значение  $(Q/n)_p$  выбиралось в диапазоне  $0,59...0,67 \cdot (Q/n)_{\max}$ . Дальнейшее уменьшение

кавитации в отводящем устройстве исключался благодаря исполнению отводящего устройства в виде спирального сборника с диффузором, который менее подвержен кавитации по сравнению с отводом, выполненным в форме лопаточного направляющего аппарата.

Выбор параметров рабочего колеса и отвода производился с таким расчетом, чтобы обеспечить максимальные значения предельных подач  $(Q/n)_{\text{пр}}$  лимитируемых кавитацией в отводе. Расчёты, проведенные с учётом экспериментальных данных, показали: предельное значение данного параметра составляет  $1,31...1,38$  от  $(Q/n)_{\max}$ , что указывает на имеющиеся резервы в дальнейшем уменьшении приведенного рабочего расхода  $(Q/n)_p$  и, соответственно, подогрева топлива в насосе.

Исключение кавитационных автоколебаний на режимах дросселирования достигалось путём установки на входе в рабочее колесо насоса гасителя обратных токов, включающего в себя крестовину и перепускную камеру, через которую противотоки, выходящие из рабочего колеса, сбрасываются во всасывающую магистраль. В настоящее время существуют различные варианты перепускных камер, однако в опубликованных работах практически отсутствуют сведения об их сравнительной эффективности. Сообщается лишь, что у шестидюймового насоса с частотой вращения вала  $n = 3600$  об/мин нижняя граница устойчивой работы в области пониженных подач при установке перепускной камеры снизилась с  $0,6$  до  $0,15$  в зависимости от величины расхода, соответствующей максимальному значению к.п.д. насоса.

Мы считаем, что отсутствие сведений об эффективной работе насоса с перепускной камерой связано с тем, что наибольший объем противотока (из-за малого перепада давлений в местах отбора и сброса) проходит через всасывающий трубопровод, и лишь меньшая его часть - через перепускную камеру. Поэтому эффект от использования перепускной камеры получается не столь значительным. Для увеличения перепада давлений на перепускной камере авторы настоящей статьи предложили установить решетку в виде крестовины перед рабочим колесом по оси потока, а выход потока из перепускной камеры производить через решетку. При правильном выборе густоты решетки-крестовины давление перед ней будет равно давлению топлива на входе в насос ( $P_{\text{вх}}$ ), во время как давление в зоне противотоков на входе в перепускную камеру на режиме дросселирования существенно выше, чем  $P_{\text{вх}}$ . Указанный перепад давлений в потоке может быть рассчитан в зависимости от режимного параметра  $q_1$  ( $q_1 = Q_1/Q_{\text{угл.отак}=0}$  - параметр, зависящий от угла входа в основной поток), а также и других параметров насоса.

Перепад давлений на перепускной камере может быть значительно увеличен, если противотоки из перепускной камеры сбрасываются через полые лопатки крестовины на вход в рабочее колесо по центру потока. Это связано с тем, что наименьшее давление во входном сечении рабочего колеса (гораздо меньше, чем среднее

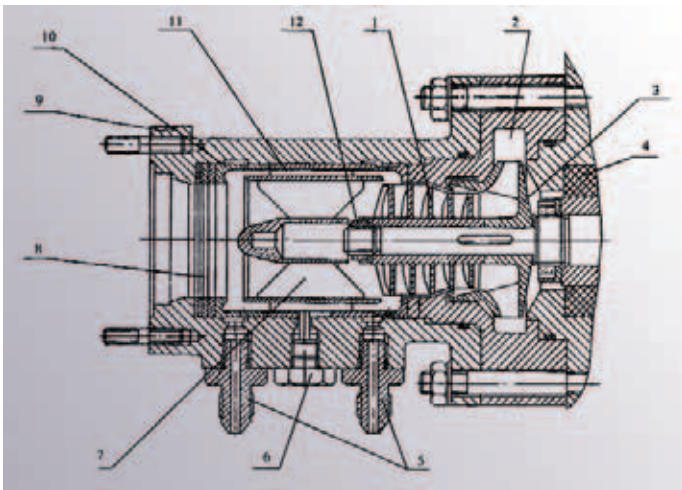


Рис. 1. Исходное колесо с раздельным предвключенным шнеком переменного шага и перепускной камерой с крестовиной:

1 - шнек переменного шага; 2 - спиральный отвод; 3 - центробежное колесо; 4 - подшипник; 5 - технологические штуцеры; 6 - фиксатор; 7 - крестовина; 8 - шайба; 9 - корпус; 10 - проставка; 11 - перепускная камера со спрямляющими лопатками; 12 - гайка.

$(Q/n)_p$  нежелательно, поскольку при  $(Q/n)_{\max}$  возникают срывы работы насоса из-за кавитации в отводящем устройстве.

При выборе параметров рабочего колеса насоса стремятся обеспечить малую зависимость напора насоса от величины подачи во всей области значений  $Q/n$  и даже некоторое снижение напора с уменьшением  $Q/n$  при глубоком дросселировании насоса. Последнее связано с тем, что в конкретной топливной системе, для которой разрабатывался насос, потребный напор был значительно меньше располагаемого по напорной характеристике, что вызывало дополнительный подогрев топлива в насосе. Срыв работы насоса из-за ка-

давление входа) при наличии вихревой зоны в трубопроводе всасывания будет иметь место на оси потока. Однако в представленных здесь конструкциях насосов воспользоваться осевым методом сброса противотоков было нельзя из-за малых размеров насоса и, вследствие этого, из-за невозможности изготовления лопаток крестовины полыми при малой величине перекрытия ими сечения потока на входе в рабочее колесо. Поэтому был выбран первый вариант сброса противотоков из перепускной камеры.

Работоспособность насоса на режимах дросселирования при низких давлениях всасывания и при наличии в потоке значительного объёмного количества газовой фазы ( $\delta_{вх} = (Q_g/Q_{жвх}) > 60\%$ , где  $Q_g$  и  $Q_{ж}$  - расходы газовой и жидкой фазы, соответственно) обеспечивалась как путём оптимизации режима работы, так и специальным профилированием рабочих поверхностей насоса. Оптимальное значение режимного параметра  $q_1$  выбиралось из условий получения высоких антикавитационных качеств насоса, умеренных величин потерь на удар в потоке и достаточных запасов по устойчивости работы гидравлической системы с насосом. Всасывающий участок рабочего колеса проектировался как единое целое с напорным участком этого же колеса методом пространственного профилирования. Профилирование осуществлялось на основе представления лопастей всасывающего участка колеса в качестве поверхности, образованной пространственным перемещением отрезка прямой. Рабочее колесо изготавливалось на пятикоординатном фрезерном станке с использованием сквозной системы автоматического проектирования и изготовления.

В качестве исходного варианта насоса использовалась конструкция, изображенная на рис. 1. Насос состоит из спирального отвода с диффузором, центробежного колеса (в дальнейшем "колесо № 0") и предвключённого шнека переменного шага, выполненного отдельно от центробежного колеса.

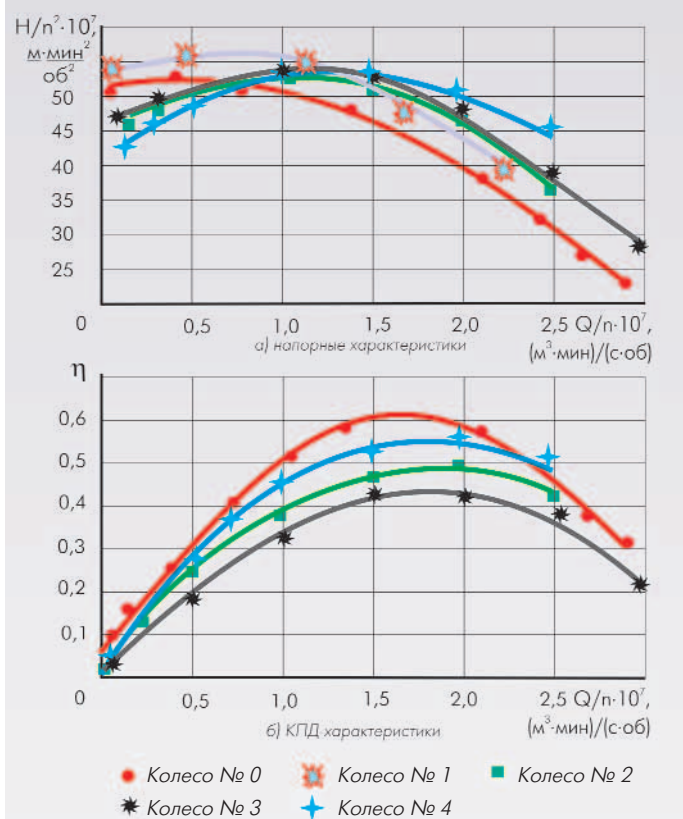


Рис. 2. Энергетические характеристики осецентрибных насосов четырех модификаций

Параметры быстроходных насосов					
Наименование параметра	Величина				
	№ 0	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Расчётная подача насоса $Q_{рп}$ , м³/с	$3,98 \cdot 10^{-3}$	$3,98 \cdot 10^{-3}$	$3,98 \cdot 10^{-3}$	$3,98 \cdot 10^{-3}$	$3,98 \cdot 10^{-3}$
Расчётная скорость вращения ротора $n_p$ , об/мин	27 000	27 000	27 000	27 000	27 000
Наружный диаметр шнека на входе $D_{Н1}$ , мм	40	49	49	49	42
Диаметр втулки на входе $d_{вт.1}$ , мм	16	19	19	19	16
Коэффициент диаметра колеса на входе при $Q = Q_{рп}$ , $(K_{D1})_p$	6,94	7,54	7,54	7,54	7
Шаг шнека на входе $S_1$ , мм	21	22,2	20	17,8	20
Режимный параметр на входе на расчётном режиме $(q_{1ж})_p$	0,4	0,25	0,28	0,31	0,373
Число лопаток первого участка всасывающей ступени колеса $Z_{вс.к1}$	3	2	2	2	2
Число лопаток второго участка всасывающей ступени колеса $Z_{вс.к2}$	3	4	4	4	4
Число лопаток третьего участка всасывающей ступени колеса $Z_{вс.к3}$	3	8	8	8	8
Густота решетки всасывающей ступени колеса до первых дополнительных лопастей $Z_{вс.к1}$	-	1,82	1,93	2,12	2,3
Густота решетки всасывающей ступени колеса до вторых дополнительных лопастей $Z_{вс.к2}$	-	2,63	2,7	2,93	3,3
Суммарная густота всасывающей ступени колеса $Z_{вс.к}$	4,54	3,65	3,8	4,01	4,27
Наружный диаметр центробежного колеса $D_2$ , мм	55	55	55	55	55
Число лопастей центробежного колеса $Z_c$	9	8	8	8	8
Ширина лопастей центробежного колеса на выходе $b_2$ , мм	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
Угол установки лопастей центробежного колеса на выходе со стороны покрывного диска $(\beta_{2,пл})_p$ , град	28,4	28,04	28,04	28,04	27,82
Угол установки лопастей центробежного колеса на выходе по средней струйке $(\beta_{2,плср})_p$ , град	28,4	35,7	35,74	35,64	39,2
Угол установки лопастей центробежного колеса на выходе со стороны ведущего диска $(\beta_{2,плв})_p$ , град	28,4	42,44	42,45	42,2	52,1

Энергетические и кавитационные испытания этого насоса проводились в США на стенде компании "Будвард Гавернер" на авиационном топливе JP-4 и в России на стенде АМНТК "Союз" на топливе РТ. Из графиков энергетических характеристик, представленных на рис. 2, следует, что на расчётном режиме  $(Q/n)_p = 1,47 \cdot 10^{-7}$  м³·мин/(с·об) к.п.д. насоса составляет  $\eta = 0,6$ . Напорная характеристика насоса в области малых относительных подач имеет вид, благоприятный с точки зрения получения малых подогревов топлива, поскольку с уменьшением подачи происходит снижение напора насоса.

На рис. 3 изображена обобщённая кавитационная характеристика насоса № 0 с гасителем обратных токов (с перепускной камерой и крестовиной), представленная в виде зависимости критического газосодержания в потоке жидкости на входе в насос от режимного параметра  $q_{1ж}$ , подсчитанного по расходу жидкой фазы. Как показали исследования ряда авторов, величина параметра  $q_{1ж}$  позволяет в наилучшей степени оценить предельное газопаросодержание во всасываемом потоке. Из анализа рис. 3 следует, что с уменьшением  $q_{1ж}$ , критическое газосодержание во всасываемом потоке возрастает и достигает весьма значительных величин.

При испытаниях насоса без перепускной камеры и крестовины в области низких значений  $(q_{1ж} < 0,2)$  в гидравлической системе возникали значительные кавитационные автоколебания. При этом наблюдались следующие отличительные особенности кавитационных параметров насоса:

- с уменьшением  $q_{1ж}$  наблюдалось существенное снижение величины  $\delta_{вх.кр}$ ;
- с увеличением скорости вращения ротора насоса возрастало значение  $\delta_{вх.кр}$ .

Эти факты свидетельствовали, что причиной возникновения срывного режима работы насоса являлась не "паровая", а "газовая" кавитация в насосе, вызванная сепарационными явлениями в проточных каналах насоса. На её интенсивность оказывают очень большое влияние вихревые зоны на входе в рабочее колесо. Установка во всасывающей магистрали перед насосом перепускной камеры с крестовиной затягивает момент наступления срывного режима работы из-за ослабления сепарационных явлений в насосе, хотя и в этом случае наблюдается некоторое рас-

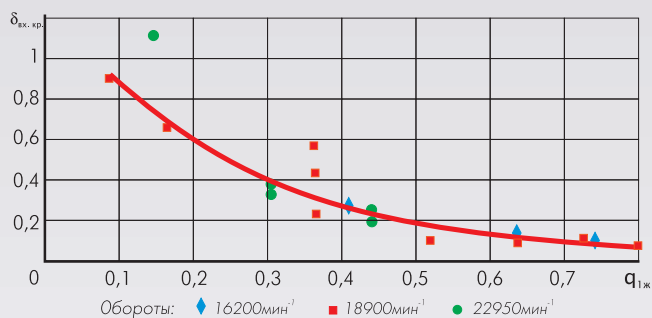


Рис. 3. Зависимость  $\delta_{вх.кр} = Q_p / Q_{ж}$  для насоса с колесом №0 от режимного параметра  $q_{1ж}$  на входе в насос

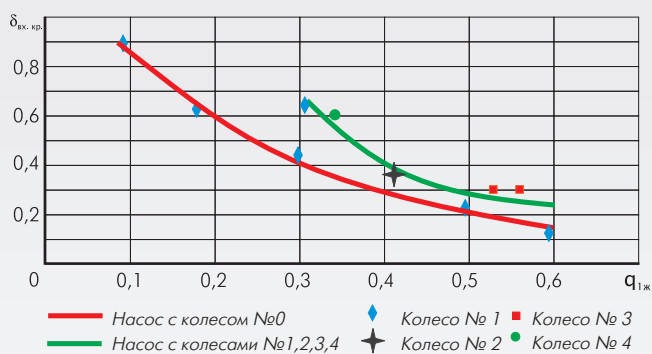


Рис. 4. Зависимость  $\delta_{вх.кр} = Q_p / Q_{ж}$  для насоса с различными колесами от режимного параметра  $q_{1ж}$  на входе в насос

слоение опытных точек в зависимости от скорости вращения ротора насоса: с увеличением числа оборотов наблюдается возрастание значения  $\delta_{вх.кр}$ .

Для определенной технической заданием максимальной величины относительной подачи  $(Q/n)_{max} = 2,25 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{мин}/(\text{с} \cdot \text{об})$  (максимальный взлётный режим работы авиационного двигателя) значение  $q_{1ж} = 0,58$ . Для этого режима величина  $\delta_{вх.кр} = 0,185$ , что существенно меньше необходимого по техническому заданию значения  $\delta_{вх.кр} = 0,47$  при  $(P_{вх} - P_n) = 0,0345 \text{ МПа}$ , где  $P_n$  - давление насыщенных паров топлива. График, приведенный на рис. 3, показывает, что значению  $\delta_{вх.кр} = 0,47$  должна соответствовать величина  $q_{1ж} = 0,32$ . С учетом этого были спроектированы и изготовлены четыре новых колеса с уменьшенными значениями параметра  $q_{1ж}$  и увеличенными величинами коэффициента диаметра на входе

$$K_D = \frac{D_{H1} \cdot \sqrt{(1 - d_{см1}^2)}}{\sqrt[3]{Q/n}}$$

Другой отличительной особенностью новых колёс №№ 1, 2, 3, 4 являлось пространственное профилирование проточных каналов всасывающего участка колеса с непрерывным переходом лопастей из осевого в радиальное положение. Их испытания проводились с тем же отводом, как и у насоса с колесом № 0.

Как видно, исходное колесо № 0 отличалось от колёс №№ 1, 2, 3, 4 следующим:

- число лопастей радиального участка колёс №№ 1-4 было меньше на одну лопасть, что уменьшило густоту решетки этого участка колеса;

- режимный входной параметр  $(q_{1ж})_p$  для колёс №№ 1-3 был существенно меньше, чем для колеса № 0 с отдельно выполненным шнеком и колесом, в то время как для колёс № 0 и № 4 он отличался не столь значительно;

- наружный диаметр шнека у колёс №№ 1-3 существенно больше, чем у колёса № 0, в то время как у колёс № 0 и № 4 он отличается не столь существенно;

- для колёс №№ 1-4 угол установки лопастей на выходе изменяется вдоль ширины лопастей  $b_2$ , увеличиваясь по величине от покрывного диска до ведущего диска колеса; для колеса № 0 этот угол постоянный.

Заметим, что колёса №№ 0 и 4 имели передний покрывной диск, а колёса №№ 1, 2 и 3 были полуоткрытыми, т.е. без переднего покрывного диска.

Энергетические характеристики насоса с разными колёсами приведены на рис. 2. Из анализа протекания кривых видно, что для расчётного режима  $(Q/n)_p = 1,473 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{мин}/(\text{с} \cdot \text{об})$  напор насоса практически постоянен. Значительное расслоение напора наблюдается в области повышенных значений  $Q/n$ .

Интересны к.п.д.-характеристики насоса с различными колёсами. Из графиков следует, что к.п.д. насоса с колесом № 4 близок к к.п.д. насоса с исходным колесом № 0. Небольшое различие в к.п.д., находящееся в диапазоне погрешностей измерения, может быть объяснено дополнительными потерями на гидравлическое торможение из-за несколько меньших значений  $q_{1ж}$  и большей величины наружного диаметра для колеса № 4.

Наихудший к.п.д. получился у насоса с колесом № 1, что связано с меньшей величиной режимного параметра  $q_{1ж}$  и большим значением наружного диаметра всасывающего участка рабочего колеса  $D_{1н}$ . Это привело к большим потерям на гидравлическое торможение потока.

При проведении предварительных исследований был подсчитан прирост мощности насоса из-за полной ликвидации закрутки прямого потока на входе в колесо (текущего в направлении выхода из насоса) при работе насоса на расчётном режиме. Анализ показывает, что с уменьшением  $q_{1ж}$  и увеличением наружного радиуса рабочего колеса  $R_{1н}$  мощность  $N_{от}$  возрастает.

Также были подсчитаны для всех насосов значения части к.п.д., соответствующей потерям потока на всасывание из-за гидравлического торможения

$$\eta_{от} = 1 - N_{от}/N_n,$$

где  $N_n$  - суммарная затраченная мощность насоса.

В результате расчётов были получены значения коэффициентов  $\eta_{от}$ . Так, для насоса с исходным колесом № 0  $\eta_{от} = 0,92$ , № 4 -  $\eta_{от} = 0,905$ , № 3 -  $\eta_{от} = 0,85$ , № 2 -  $\eta_{от} = 0,825$ , № 1 -  $\eta_{от} = 0,813$ .

Сравнение полученных величин  $\eta_{от}$  со значениями с графиков, приведенных на рис. 2, показывает, что разница в к.п.д. насосов с колёсами №№ 1-3 и насоса с исходным колесом № 0 выше, чем разница в величинах  $\eta_{от}$ . Вероятнее всего это вызвано дополнительными потерями энергии потока в указанных насосах. Поскольку колёса №№ 1, 2 и 3 были выполнены без переднего покрывного диска, можно полагать, что дополнительные потери энергии потока были связаны с перетеканием жидкости в зазоре между корпусом насоса и рабочим колесом.

Из анализа рис. 3 и 4 следует, что пространственное профилирование лопастей колёс с непрерывным переходом лопастей из осевого в радиальное направление привело к улучшению кавитационных характеристик насосов. При этом повышении к.п.д. насосов можно добиться, если обеспечить равномерное поле скоростей в выходном сечении рабочего колеса и уменьшить наружный диаметр рабочего колеса при одновременном увеличении угла установки лопастей на входе в насос для обеспечения потребного значения  $q_{1ж}$ .

В заключение следует отметить, что во всём испытанном диапазоне изменения подач для всех насосов с перепускной камерой и крестовиной наблюдалась устойчивая работа без возникновения автоколебательных режимов. Можно обоснованно заявить, что разработана и экспериментально апробирована новая конструкция высокооборотного насоса низкого давления с непрерывным переходом лопастей рабочего колеса из осевого направления в радиальное, снабженного перепускной камерой и крестовиной перед рабочим колесом. Испытания такого насоса на авиационных топливах JP-4 и РТ показали его устойчивую работу при более чем 30-кратном дросселировании по относительной подаче  $Q/n$ . Насос устойчиво работает на двухфазном авиационном топливе при наличии во всасывающем трубопроводе свободных газов (до 63 % по объёму жидкости) при  $(P_{вх} - P_n) \approx 0,022 \text{ МПа}$  на наихудшем режиме работы. С уменьшением подачи критическое газосодержание в потоке непрерывно возрастает и достигает на режимах глубокого дросселирования 90 % объёма жидкости. ◀



# ВГРЫЗАЯСЬ В ТВЕРДЬ ЗЕМНУЮ

(несколько слов об истоках турбинного бурения)

Антонина Мезенцева,  
научный сотрудник Политехнического музея

**Бывают разработки, которые, будучи последовательно проведены талантливым ученым, определяют на долгие годы пути развития целых отраслей. Таковы, например, работы по исследованию метода турбинного бурения скважин, выполненные в середине тридцатых годов советским инженером-нефтяником Петром Павловичем Шумиловым. Его деятельность заслуживает отдельной статьи, но здесь мы расскажем только о работах Шумилова, связанных с совершенствованием технологии нефтегазодобычи.**

Недостатки традиционного вращательно-роторного способа бурения (быстрый износ труб, частые аварии, большие энергозатраты и малый к.п.д.) привели к необходимости поиска новых технических решений. И они были найдены нашими соотечественниками, причем был предложен самый радикальный метод, суть которого заключалась в том, чтобы вращать только бурильное долото, а всю колонну труб перемещать только вдоль скважины по мере углубления долота. При этом ожидалось значительное облегчение бурения, поскольку должно было исчезнуть трение вращения труб о стенки скважины. Первая попытка создания подземного ("забойного") двигателя была предпринята в 1890 г. бакинским инженером К.Г. Симченко. Но его изобретение не нашло применения из-за недостаточного конструктивного совершенства. Лишь в 1924 г. М.А. Капелюшников в соавторстве с другими инженерами сконструировал бурильный аппарат (который и получил название "турбобур"), который и закрепили на нижнем конце колонны бурильных труб. В этом устройстве высокооборотная турбина, приводимая в движение глинистым раствором, который закачивался насосом через полости бурильных труб, передавала вращение долоту. Между турбиной и долотом имелся заполненный маслом планетарный редуктор. С помощью турбобура Капелюшникова было пробурено больше 150 глубоких скважин. Этот вариант турбобура являлся шагом вперед, но он был недостаточно надежным, в основном из-за частых поломок редуктора. Да и ресурс его был маловат.

В 1932 г. за совершенствование конструкции турбобура взялся Петр Шумилов. Для воплощения своих идей ему нужна была производственная база и испытательный полигон, поэтому в 1934 г. он переехал в Баку, где создал Экспериментальную контору турбинного бурения. Шумилову удалось укомплектовать свою организацию талантливыми инженерами - специалистами по буровой технике. Так, вместе с ним над проблемой создания турбобура работали Р.А. Иоаннесян, Э.М. Тагиев и М.Т. Гусман.



Турбобур Капелюшникова

Первое испытание турбобура системы Шумилова состоялось в 1935 г. на промысле Карачухун неподалеку от Баку. Главными достоинствами решения, предложенного Шумиловым, являлись использование многоступенчатой турбины и безредукторная система привода. Если турбобур Капелюшникова имел среднюю наработку на отказ всего лишь 6...8 ч, то турбобур Шумилова - уже 1000 ч. Кроме того, средняя скорость проходки в мягких и средних грунтах была доведена до 10 м/ч.

Разработанная под руководством Шумилова теоретическая база, способствовавшая решению конкретных практических задач, определила пути прогресса турбинного бурения на многие годы вперед не только в нашей стране, но и в мировой практике. Возможности новой техники обеспечили внедрение новых способов бурильных работ, например, наклонное бурение. При этом с одной сравнительно небольшой площадки бурятся несколько

скважин, веером расходящихся в разные стороны. "Куст" обычно состоит из 8-12 скважин. Это позволяет избежать создания системы скважин, для каждой из которых приходится устраивать свою площадку с отдельной вышкой (такая система занимала бы несколько квадратных километров поверхности).



Инженеры и рабочие Экспериментальной конторы турбинного бурения (П.П. Шумилов - четвертый справа в первом ряду)

Нефтеразведчики то и дело обнаруживают нефть в пластах, лежащих под морями, озерами, болотами, под селами и городами, но бурение скважин обычным методом в таких условиях чаще всего невозможно. И тогда применяют искривленные, наклонно-направленные скважины. Единственным возможным способом проходки таких скважин является применение забойных двигателей, размещенных непосредственно в скважине. И в нашей стране, и за рубежом для этой цели успешно используется турбинное бурение.

Разработчики не остановились на достигнутом. Так, в начале 50-х гг. по предложению Р.А. Иоаннесяна, М.Т. Гусмана и Г.А. Булаха в Махачкале впервые была пройдена скважина большого диаметра (около метра) реактивно-турбинным способом. Известная всему миру проходка первой сверхглубокой скважины на Балтийском щите также осуществлялась турбобурами, при этом достигнутая глубина превысила 12 км. Таким образом, возможности развития и модернизации конструкции турбобура и самого метода турбинного бурения далеко не исчерпаны.

Судьба самого изобретателя безредукторного турбобура сложилась трагически. С началом Великой Отечественной войны Шумилов переключился на создание оборонной техники и погиб при испытании нового оружия в августе 1942 г. За свои работы по созданию многоступенчатого турбобура и метода наклонно-направленного бурения, а также за исследования в области оборонной техники Петр Павлович Шумилов был трижды удостоен Государственной премии СССР. ◀



Турбобур Шумилова

# АВИАЦИОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

## ПОСЛЕ ВОЙНЫ

Николай Александров

(Окончание, начало в № 5, 2001 г.)

Именно корейский конфликт явился для противостояния СССР-Запад фактическим "казусом белли". Дело дошло до того, что в ноябре-декабре 1950 г. США даже спланировали применение семи атомных бомб, при этом должны были погибнуть 100-120 тыс. корейцев... Как известно, обошлось без ядерных бомбежек, но все же американцы вывалили на Страну утренней свежести более 1 млн тонн бомб. И хотя в результате боевых действий ВВС и авиация флота США лишились 3314 самолетов, конфликт выявил неприятный для стран социалистического лагеря факт: количество привлекаемых высокотехнологичных средств ведения войны со стороны Запада заметно превосходило возможности СССР и его союзников. Удерживать ситуацию под контролем пришлось путем привлечения миллиона "китайских добровольцев" и ценой огромных жертв. Качество противоборствовавших самолетов (наиболее совершенными считались американский истребитель F-86 "Сейбр" и отечественный МиГ-15бис) оказалось примерно одинаковым, но заокеанские "защитники демократии" благодаря большому численному превосходству фактически могли навязывать северокорейцам свою волю. Реально авиация, действовавшая на стороне КНДР (включая советские и китайские авиачасты), оказалась способной лишь ограничивать ущерб от налетов, а не предотвращать их.

И это неудивительно, ведь американская авиапромышленность за десятилетие (1939-1949 гг.) значительно окрепла, причем ее относительный рост даже более показателен, чем абсолютный. Так, если в 1939 г. доля авиапрома США в ВВП не превышала 1,9 %, то в 1949 г. она шагнула за 8-процентную отметку. Производство летательных аппаратов приносило огромные барыши: авиатехника стремительно дорожала. Так, если истребитель P-51 "Мустанг" в 1944 г. обходился американскому бюджету в \$51,6 тыс., то всего через 5 лет наиболее массовый аэроплан того же назначения (F-86F "Сейбр") стоил уже \$220 тыс. Началось внедрение отставных военных в авиационные фирмы (в пятидесятые годы в управляющие структуры крупнейших компаний пришли 260 генералов и адмиралов). Это способствовало "углублению взаимопонимания" между военно-

промышленным комплексом США и руководством ВВС. В результате заказы на новые, все более совершенные боевые самолеты потекли широкой полноводной рекой.

Важнейшим уроком, который США извлекли из Второй мировой войны, явилась невиданно возросшая роль ВВС в достижении победы. Фактически американские военные пришли к мысли, что Дуэ не так уж был неправ, когда рассуждал о возможности разгрома противника в войне силами одной авиации, просто он опередил время. Если в тактических видах ВВС в послевоенный период произошли некоторые сокращения, то стратегическое авиационное командование (САК) разрасталось быстрыми темпами.

Следует, по-видимому, напомнить, что в 1949 г. в арсенале США имелись, по разным оценкам, от 200 до 500 атомных бомб...

Естественной реакцией советского руководства также стало наращивание производства боевой авиационной техники, причем как средств обороны от воздушного нападения, так и оружия возмездия. Заметно больше внимания стали уделять и ракетостроению, которое на том этапе еще не рассматривалось в качестве конкурента самолетостроению, но считалось многообещающим направлением. О космосе речь еще не шла. Практически все создававшиеся ракеты предназначались исключительно для военных целей. Однако на раннем этапе, когда дальность стрельбы ракет и точность доставки боевых частей к целям еще не достигли требуемых уровней, ракетостроители могли лишь мечтать об объемах производства, сравнимых с авиационными.

Пятидесятые годы оказались для военной авиации своеобразным повторением "золотого века", пришедшегося на годы тридцатые. Всего за несколько лет был достигнут невероятный прогресс в летно-технических данных самолетов. Если в начале десятилетия весьма достойной для боевого самолета считалась максимальная скорость порядка 1000...1100 км/ч, то в конце его она приблизилась к 2500...3000 км/ч. Переход к столь высоким скоростям осуществлялся, естественно, с созданием "промежуточных" моделей истребителей и бомбардировщиков. Таким образом, в течение одного десятилетия на вооружении состояли боевые машины трех разных поколений. Продолжительность "активной жизни" истребителя с учетом морального старения уменьшилась до трех-пяти лет! Военные бюджеты стран НАТО и государств созданного "для поддержания равновесия" Варшавского договора быстро росли.

Тут уж любая авиапромышленность, сколь бы совершенной она ни была, "перегреется". Американские конструкторы наряду с вполне логичными, все более совершенными моделями самолетов ос-

Численность САК США в 1946-1956 гг.

Год	Количество самолетов	Численность персонала
1946	600	37 000
1947	1000	50 000
1949	1030	63 000
1952	1300	154 000
1954	2500	189 000
1956	3000	210 000

новых классов принялись генерировать и полуфантастические (для того времени) проекты вроде бомбардировщиков - летающих крыльев, истребителей с изменяемой стреловидностью крыла и т. п. Появился даже проект летающей подводной лодки!

Но в конце десятилетия, по крайней мере у восточной стороны, энтузиазм по отношению к авиационному поубавился, чему способствовал стремительный рост стоимости новых летательных аппаратов. Между тем, военные требовали замены устаревших самолетов новыми в соотношении "один за один". Так, в феврале 1958 г. Главком советских ВВС К.А. Вершинин представил в Совет Обороны доклад, где он аргументировал необходимость обновления парка фронтовой авиации и в связи с этим считал целесообразным построить за ближайшую пятилетку 14 тыс. новых истребителей и 4-5 тыс. бомбардировщиков. Напомним, что в феврале отмечалось 40-летие образования Красной Армии, и, пользуясь удобным моментом, о своих потребностях руководству страны заявили также другие виды Вооруженных Сил. Так, Военно-морской флот предлагал организовать серийную постройку атомных подводных лодок и авианосцев, сухопутчики заговорили о необходимости замены 40-50 тыс. устаревших танков Т-54, представители ПВО - о перспективах полного перевооружения зенитными ракетными комплексами вместо артиллерии. И все это на фоне несомненного успеха, продемонстрированного ракетчиками, которые в октябре 1957 г. вывели в космос первый в истории человечества спутник. Выход на арену вооруженной борьбы королевской "семерки" свидетельствовал о возможности доставки боезаряда к заокеанской цели, причем средств противодействия ракетной угрозе в то время не существовало!

Оказавшись перед выбором, первый секретарь ЦК КПСС Н.С. Хрущев сделал неожиданный шаг. Он резко сократил Вооруженные Силы (пресловутые "миллион двести"), а также перенаправил финансовые потоки из авиапрома в ракетостроение. В начале шестидесятых никто уже не смел и заикнуться о целесообразности создания нового бомбардировщика - речь могла идти только о самолете-ракетоносце! Вершинин, который ожидал, что развертываемые стратегические ракетные соединения наземного базирования окажутся в его, Главкома ВВС, подчинении (как у американцев), был жестоко разочарован. "Ракетные войска стратегического назначения, - заявил Хрущев, - есть новый вид Вооруженных Сил, а вовсе не род ВВС".

В результате волевого решения партийного лидера у военных авиаторов отобрали не только десяток дивизий, переформированных в ракетные. У них отняли также целый ряд ОКБ и заводов, прежде занимавшихся самолетостроением. Навсегда отошла от этой проблематики знаменитая фирма Лавочкина, практически закончилась история ОКБ Мясищева. Ильюшинцы, получившие негативный опыт взаимодействия с военными при создании бомбардировщика Ил-54

и штурмовика Ил-40, в дальнейшем сфокусировали усилия, главным образом, на гражданских машинах. В результате темпы совершенствования боевой авиационной техники в СССР снизились.

Перенос усилий авиастроительных фирм на гражданскую тематику вообще симптоматичен. Напомним: во всем мире авиакомпании-перевозчики в двадцатые и тридцатые годы ориентировались на состоятельные слои населения. Цены билетов "кусались", размах авиаперевозок, в общем, был невелик. Интенсивное развитие гражданская авиация получила лишь там, где с ней не могли конкурировать другие виды транспорта: на Крайнем Севере, в горных и пустынных районах, а также при особой срочности доставки грузов или людей, например, через океан. Решением проблемы трансатлантических авиационных перевозок какое-то время занимался известный авиаконструктор И. Сикорский, но даже его "воздушные клиперы" оказались нерентабельными, и к исходу тридцатых годов их выпуск прекратился. Фактически, вплоть до окончания Второй мировой войны, гражданская авиационная проблематика оказалась "за кадром". Зато после прекращения боевых действий в ВВС стран-победителей оказалось избыточное количество транспортных самолетов, ставших для военных ненужными. Например, в Советском Союзе летом 1945 г. из состава 18-й воздушной армии (бывшей Авиации дальнего действия) были выведены около 500 транспортников Ли-2, большинство из них передали возрождавшемуся Аэрофлоту, а остальные машины - в транспортно-десантную авиацию.

В еще больших масштабах "вливание" транспортных самолетов в авиаконпании-перевозчики произошло в США, где за годы войны выпустили более 19 тыс. знаменитых С-47. Кроме того, в Соединенных Штатах за годы войны были подготовлены более 150 тыс. летчиков, часть которых не пожелала проститься с небом после ухода из военной авиации. Огромное количество самолетов перешло в частные руки, поскольку вполне пригодные для полетов машины продавались за бесценок. Но на этот раз, в отличие от двадцатых, зерно упало в благодатную почву: услуги частных авиаторов оказались востребованными, на них появился платежеспособный спрос. Можно сказать, что именно в конце сороковых - начале пятидесятых годов гражданская авиация превратилась из дорогостоящей игрушки в необходимый элемент инфраструктуры развитых в экономическом отношении государств.

В этот период появились первые удачные "трансатлантики", полеты на которых, в отличие от довоенных машин, уже не были сопряжены со значительным риском. Не только искатели приключений, но и весьма почтенные бизнесмены стали пассажирами четырехмоторных "Дугласов" и "Локхидов", стартовавших через океан. Надежность этих машин в сочетании с комфортабельностью и достаточно высокой скоростью нанесли смертельный удар левиа-

Итоги производства боевых самолетов в СССР в первое послевоенное десятилетие

Тип ЛА	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	Всего за 10 лет
Ил-4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Ил-10	1008	871	155	178	367	994	726	104	41	-	4444
Ил-28	-	-	-	-	156	421	772	1298	1168	932	4747
И-250	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
МиГ-9	10	292	302	-	-	-	-	-	-	-	604
МиГ-15	-	-	-	729	1913	3971	3231	68	-	-	9912
МиГ-17	-	-	-	-	-	-	1286	2801	2079	1119	7285
МиГ-19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139	139
М-4	-	-	-	-	-	-	-	-	2	9	11
Ту-2	191	376	419	273	4	19	6	-	-	-	1288
Ту-4	-	-	17	161	312	321	368	16	-	-	1195
Ту-14	-	-	-	-	-	42	89	16	-	-	147
Ту-16	-	-	-	-	-	-	-	2	80	355	437
Ту-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
Ла-7	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53
Ла-9	15	858	806	203	-	-	-	-	-	-	1882
Ла-11	-	100	650	150	100	182	-	-	-	-	1182
Ла-15	-	-	-	235	-	-	-	-	-	-	235
Як-3	288	-	-	-	-	-	-	-	-	-	288
Як-9	72	522	249	-	-	-	-	-	-	-	843
Як-15	19	261	-	-	-	-	-	-	-	-	280
Як-17	-	-	279	151	-	-	-	-	-	-	430
Як-23	-	-	-	59	212	42	-	-	-	-	313
Як-25	-	-	-	-	-	-	-	-	4	204	208
Бе-6	-	-	-	-	-	-	8	24	40	31	103
<b>Итого</b>	<b>1668</b>	<b>3280</b>	<b>2877</b>	<b>2139</b>	<b>3064</b>	<b>5992</b>	<b>6486</b>	<b>4329</b>	<b>3414</b>	<b>2793</b>	<b>36 042</b>



фанам океана - знаменитым трансатлантическим лайнерам класса "Куин Мери" и "Нормандия".

Насыщенная высокотехнологичным оборудованием, опытными кадрами и, самое главное, располагающая огромными финансовыми ресурсами (за спиной почти каждой крупной авиастроительной компании стояла банковская группа, например, за "Боингом" - "Первый национальный городской банк", за "Локхидом" - банк "Лос Анджелес", за "Норт Америкэн" - группа "Дюпон"), американская авиапромышленность начала бурную экспансию. Ее продукция стала вытеснять европейскую, сначала на южноамериканских и южноазиатских рынках, а затем и в самой Европе! (Относительно слабые, неспособные в одиночку к сопротивлению, авиастроительные компании Старого Света лишь в конце шестидесятых - начале семидесятых нашли форму сопротивления, создав интегрированную структуру для производства "Аэробуса". Эта машина по целому ряду параметров, включая и экономические, сумела превзойти заокеанские аналоги. "Аэробус" спас авиаиндустрию Европы от стагнации и тихой смерти.)

Опыт создания межгосударственного авиаконсорциума получил дальнейшее развитие, когда европейцы создавали многоцелевой тактический истребитель "Торнадо" и учебно-тренировочный самолет "Альфа Джет". В разработке "Еврофайтера" (ему присвоено наименование EF-2000 "Тайфун") также принимают участие специалисты из ряда европейских стран. Сегодня лишь Франция и - в силу особенностей национального законодательства - Швеция, позволяют себе создавать тактический истребитель "в одиночку".

Отгороженная "железным занавесом", в шестидесятые-семидесятые годы советская авиапромышленность жила, в общем-то, по своим законам. Если в области военной техники соревнование с Западом шло, так сказать, через посредство тактико-технических характеристик боевых самолетов, а потому требовало применения соответствующих новейших технологий, то гражданская авиатехника часто не выдерживала никакой критики, главным образом, по экономическим и экологическим показателям. Она находила сбыт только внутри страны, в государствах Варшавского договора и "идеологических сателлитах", куда иногда поставлялась за бесценок. Исключением были, пожалуй, лишь вертолеты Ми-8, сумевшие преодолеть "идеологические барьеры" благодаря прекрасному соотношению "стоимость/эффективность". Боевые самолеты советского производства поставлялись, главным образом, по указанным выше адресам. Чемпионом по суммарному объему поставок оказался истребитель МиГ-21, однако к началу девяностых его стал быстро догонять более совершенный МиГ-29.

кие деньги на закупку американских или западноевропейских летательных аппаратов, либо, запрятав амбиции подальше, пойти на модернизацию "МиГов" и "Сухих", чтобы подтянуть их боевые возможности до уровня современных требований.

Можно констатировать, что сегодня авиастроительный комплекс России находится в глубоком кризисе. Он вызван отсутствием четкой и ясной политики в области развития отечественной авиации (как в техническом, так и в экономическом ее аспектах), резким сокращением оборонного заказа, нерешенностью несуществующей "за бугром" проблемы лизинга авиационной техники и раздроблением некогда могучего "Аэрофлота" на множество мелких компаний, многие из которых уже разорились, а другие едва сводят концы с концами (перед августом 1998 г. по одной России насчитывалось более 630 таких новообразований; сейчас их, конечно, меньше). Государственное финансирование НИОКР, как и расходы на закупку авиационной техники сократились в 13...14 раз.

В результате осуществленного в последнее десятилетие акционирования ведущих самолетостроительных предприятий, сопровождавшегося грубейшими нарушениями законодательства, государство в значительной мере утратило контроль над авиастроением. Сегодня в состав отечественного авиастроительного комплекса входят четыре категории предприятий:

- государственные (29 %);
- акционерные общества с пакетом акций, закрепленных в федеральной собственности (32 %);
- акционерные общества, в отношении которых государство применяет специальное право "золотой акции" (5 %);
- акционерные общества без закрепления акций в федеральной собственности (34 %).

В "Отчете о результатах тематической проверки законности приватизации" Счетной палаты от 18 августа 2000 г. было отмечено: "Несовершенство законодательной базы создало условия для массовой скупки акций стратегически значимых для страны предприятий зарубежными фирмами". Сегодня иностранные партнеры владеют 26,7 % акций АНТК им. Туполева, 35 % акций ОАО "Авиастар", 23,3 % акций крупнейшего самолетостроительного комплекса ОАО "ВАСО" (Воронеж). Еще более значительным является участие зарубежных акционеров в ОАО "Ростовский вертолетный производственный комплекс" (37,1 % акций), а деятельность Московского вертолетного завода им. Миля долгое время фактически контролировалась... конкурентами из американской компании "Сикорский"! В упомянутом отчете Счетной палаты отмечалось, что надежды на инвестиционную активность владельцев акций не оправдались.

Парк боевых летательных аппаратов российского (советского) производства в странах Центральной и Восточной Европы

Страна	МиГ-21	МиГ-23	МиГ-29	Су-22	Су-25	Ми-8/17	Ми-24/35
Болгария	41-84	49-73	21-22	21-24	6-39	26-32	43
Биг	-	-	-	-	-	10	-
Венгрия	26-48	3	27-28	-	-	20-30	32-39
Германия	-	-	18-23	-	-	-	-
Македония	-	-	-	-	-	4	-
Польша	211-216	10-36	22	87-99	-	43	31
Румыния	112-121	28-30	8-18	-	-	6-26	-
Словакия	16-57	-	12-29	20	12	26	19
Финляндия	-	-	-	-	-	7	-
Хорватия	28-35	-	-	-	-	29-38	15-30
Чехия	40-60	17-22	-	23-32	23-25	40	34-36
Югославия	35-60	-	13-16	-	-	32-44	-
<b>Итого</b>	<b>509-681</b>	<b>107-164</b>	<b>121-158</b>	<b>151-175</b>	<b>41-76</b>	<b>253-300</b>	<b>174-211</b>

После распада СССР объем продаж отечественной авиатехники в страны Центральной и Восточной Европы (ЦВЕ) стал катастрофически снижаться. Это объяснялось фактическим переходом подавляющего большинства бывших союзников СССР "в стан победившего противника" и "внезапно вспыхнувшим" в связи с этим желанием войти в блок НАТО. А там, как известно, свои стандарты: авиатехника должна быть западного производства. Однако доля российских самолетов, имеющих на вооружении ВВС стран ЦВЕ, пока по-прежнему весьма значительна, и правительства многих новоиспеченных "натовских" стран находятся перед дилеммой: либо распрощаться с экс-советскими машинами, истратив фантастичес-

кие деньги на закупку американских или западноевропейских летательных аппаратов, либо, запрятав амбиции подальше, пойти на модернизацию "МиГов" и "Сухих", чтобы подтянуть их боевые возможности до уровня современных требований.

- в 1992-1993 гг. - 143 самолета и 318 вертолетов;
- в 1996 г. - 4 самолета и 8 вертолетов;
- в 1997 г. - 5 самолетов и 7 вертолетов;
- в 1998 г. - 4 самолета и 4 вертолета;

- в 1999 г. - 7 самолетов и 1 вертолет;
- в 2000 г. - 4 самолета и 1 вертолет.

Как полагают аудиторы Счетной палаты, внедрение иностранных граждан в управленческие структуры значимых для страны оборонных предприятий позволяет им практически парализовать работу заводов, способных поставлять на мировой рынок конкурентоспособную продукцию и обеспечивать национальную безопасность России. В частности, именно позиция иностранных акционеров решающим (и негативным) образом повлияла на боеспособность группировки истребителей-перехватчиков МиГ-31. Под предлогом несвоевременности платежей со стороны Минобороны (читай - государства) они настояли на том, чтобы Пермский моторный завод свернул производство двигателей Д-30Ф-6. Долго ли лучшие в мире перехватчики будут еще способны подниматься в небо - вопрос риторический...

Некогда могучая отрасль промышленности, способная изготавливать сотни летательных аппаратов в год, ныне пробавляется лишь незначительными по объемам инозаказами, главным образом, из Китая и Индии. На текущий момент продажа различных вариантов Су-27 и Су-30 пока позволяет содержать структуры "ОКБ Сухого", Иркутский, Новосибирский и Комсомольский-на-Амуре авиакомплексы. В худшем положении находится многократно реструктуризованное КБ им. Микояна и соответствующие авиапредприятия. Фактически эти организации наглядно демонстрируют, что ожидает "холдинг Сухого" через пять-десять лет, если не будет создаваться боевая авиатехника нового поколения. Следует подчеркнуть: ни Индия, ни Китай не станут бесконечно долго покупать "вариации на тему Су-27". Других заметных покупателей для боевой российской авиатехники нет. О внутренних закупках говорить даже неудобно: в последние пять лет ВВС приобрели не более десятка новых боевых самолетов.

Обратимся вновь к положению в гражданской авиации России. По состоянию на 1 июля 2001 г. она располагала 6543 летательными аппаратами, среди которых имелось:

- пассажирских магистральных самолетов - 1583;
- грузовых самолетов - 618;
- самолетов местных воздушных линий - 2286;
- вертолетов - 2056.

За период с 1993 по 2000 гг. авиакомпании списали 3587 воздушных судов. В 1997-2000 гг. эксплуатирующими организациями были приобретены 24 самолета и 21 вертолет (в том числе 4 самолета и 8 вертолетов зарубежного производства).

Сегодня 1054 пассажирских и 560 грузовых машин не отвечают требованиям главы 3 приложения ИКАО (об этом журнал "Двигатель" уже сообщал в № 4, 2001). Таким образом, удовлетворяют требованиям только 540 самолетов - всего лишь одна четверть. Только эти самолеты могут эксплуатироваться в небе США и Западной Европы, для остальных путь туда закрыт.

Путем ввода звукопоглощающих устройств в конструкцию силовых установок можно доработать порядка двухсот самолетов типа Ил-62М, Ту-154М, Як-42. Замена двигателей позволит "реанимировать" еще свыше тысячи самолетов типа Ил-76, Ил-86, Ту-134, Ту-154Б, Ан-24. Однако цена соответствующих доработок очень высока. Так, стоимость замены двигателей на Ил-76 - \$13...15 млн (вместо Д-30 устанавливаются ПС-90А), а замена двигателей на Ту-134 требует \$5...5,5 млн (вместо тех же Д-30 устанавливаются Д-436). Лизинг же новой и ремонтной авиатехники в России почему-то до сих пор остается проблемой.

Анализируя сложившуюся в отечественной авиапромышленности ситуацию с использованием опыта других стран, можно сформулировать следующие выводы.

В обозримом будущем закупки военной авиатехники ВВС и авиацией флота России вряд ли станут значительными. Ставка на модернизацию летательных аппаратов, многие из которых достигли почтенного возраста (Су-24М, Су-25, Ил-38), неблагоприятно повлияет на судьбу целого ряда авиазаводов и смежных предприятий. Вероятно, через какое-то время России придется отказаться вообще от содержания стратегической и дальней авиации. В первую очередь это коснется самолетов Ту-22М3, комплекс вооружения кото-



рых устарел, а на разработку нового нет средств. Неблагоприятный прогноз для тяжелых боевых самолетов основан на опыте ВВС Великобритании и Франции, которые, утратив статус мощных военных держав, в первую очередь распрощались именно с этим компонентом военной авиации.

В отношении тактических боевых самолетов можно предположить, что их парк также сократится, но останется значительным. Конкурентоспособность российского тактического истребителя в будущем будет лимитироваться созданием двигателя нового поколения, поскольку АЛ-31Ф вот уже двадцать лет как выпускается серийно. Естественно, что по удельным характеристикам современные зарубежные ГТД уже опередили его. Потенциальные возможности модернизации АЛ-31Ф исчерпываются, а боевой самолет нового поколения немислим без двигателя нового поколения. Это создает определенные предпосылки для оптимизма у разработчиков и производителей ГТД указанного назначения: рано или поздно государство будет вынуждено "раскошелиться", если только оно окончательно не утратит чувства самосохранения.

Осуществить масштабное переоснащение парка магистральных гражданских самолетов вряд ли удастся по экономическим причинам. Будут постепенно сокращаться объемы авиаперевозок за рубеж, а предложение авиауслуг внутри страны постепенно войдет в равновесие со спросом. Объективно это должно привести к дальнейшему сокращению численности магистральных самолетов и укрупнению авиакомпаний. Более оптимистичен вывод относительно численности самолетов МВЛ и сельхозавиации: она, по видимому, уже упала до минимума и в дальнейшем получит тенденцию к росту. Возрождающееся в той или иной форме сельское хозяйство потребует расширения объемов химобработки посевов; ставка же на дельтапланы и сверхлегкие самолеты, делавшаяся в последнее время от безысходности, себя не оправдала. Требуется переоснащения авиация МЧС, лесной противопожарной охраны и других структур. Ощущается острая нужда в современном поршневом авиационном двигателе и маломощных ГТД для самолетов местных линий, особенно рассчитанных для работы в неблагоприятных условиях севера, северо-востока и востока России. Важнейшим достоинством небольших летательных аппаратов в настоящее время является их ограниченная стоимость: отечественный бизнес, в случае наличия реальной необходимости, уже может позволить себе покупку такой техники.

Что касается "больших" грузовых и пассажирских самолетов, то более-менее определенно можно говорить о достаточно далеко "продвинутом" проекте украино-российского транспортного самолета Ан-70, который, вероятно, найдет воплощение в серийном производстве. Он нужен ВВС в варианте военно-транспортного самолета, он пригодится и гражданским перевозчикам, ищущим замену Ан-12 и Ил-76. На наших глазах моральному стареют ранее созданные опытные машины и приходят в упадок программы Ил-96М, Ту-204 (Ту-214) и Ту-334. Вряд ли окажется значительной запланированная серия летающих лодок Бе-200, хотя отсутствие хороших аэродромов и обилие озер и рек в Сибири просто диктуют основной тип пассажирского самолета для этих регионов. Вероятно, зыбкую надежду на спасение отечественные производители авиатехники такого класса могут питать в связи с постепенным включением их (в перспективе) в состав неких транснациональных компаний с участием западных стран. Впрочем, после 11 сентября надежды на создание новых международных авиаконсорциумов весьма призрачны: кризис авиационной промышленности витает над миром... ◀

# АЛЕКСАНДР МИКУЛИН, ЧЕЛОВЕК - ЛЕГЕНДА

Лев Берне, Владимир Перов



(Продолжение, начало в № 5-6, 2000 г., № 1 - 5, 2001 г.)

Осень 1945 г. была чрезвычайно тяжелой как для всей страны, так и для завода № 300 и его руководителя. Победная эйфория сменилась периодом реакции, усугубившимся весьма непростым переходом на ритм жизни мирного времени.

Авиационная промышленность страны еще работала по старым планам и выпускала огромное количество техники - по сути, уже устаревшей. На заводы хлынула масса демобилизованных воинов, утративших за время войны рабочие навыки. В то же время стало ясно, что наша авиация существенно отстала. Нужны были качественные изменения. К концу 1945 г. работа над созданием турбореактивных двигателей постепенно начала набирать темпы.

В Германии вопреки всем договоренностям, которые были приняты союзниками, начали действовать конструкторские организации на базе германских предприятий, использующие интеллект немецких специалистов. На базе фирмы "Юнкерс" были созданы КБ по самолетам и двигателям. Союзники нас в этом опередили, им удалось привлечь к работе ведущих специалистов по авиационной и ракетной технике. Так, Вернер фон Браун впоследствии был фактически главным конструктором американских ракет. Большая группа немецких двигателей стала основой конструкторского бюро, занявшегося созданием ТРД на фирме SNECMA.

В Советском Союзе, в Уфе, В.Я. Климов осваивал газотурбинную технику, пытаясь наладить производство и модернизировать ЮМО-004. В Казани на заводе № 16 С.Д. Колосов руководил аналогичными работами по БМВ-003.

Александр Александрович Микулин в ту холодную осень много болел. Только после ноябрьских праздников он приступил к работе и сразу встретился с группой заводских специалистов, вернувшихся из Германии.

Эшелоны с оборудованием, станками и ящиками с трофейной документацией еще были на подходе, но одному из авторов этой статьи (Л. Берне) удалось прихватить с собой в качестве "ручной клади" некоторые описания германских ТРД, и в том числе узловые чертежи "больших" двигателей. А.А. Микулин, Б.С. Стечкин, С.К. Туманский вместе с рядом конструкторов перспективного отдела в течение месяца тщательно изучали привезенные трофеи. Интересно, что всего за один час Микулин из узловых чертежей сумел скомпо-

новать полные продольные разрезы двух больших немецких двигателей БМВ-018 и ЮМО-012.

В конце ноября начали приходить грузы из Германии и в том числе двигатели ЮМО-004 и БМВ-003. С этого времени деятельность расчетных групп перспективного отдела, которыми руководил Владимир Иванович Базаров, а также конструкторских групп нагнетателей и турбин была переключена на разработку ТРД.

Поскольку все делалось впервые и никакой литературы по ГТД еще не существовало, то, естественно, пришлось многому учиться. Наставником был, в первую очередь, Б.С. Стечкин. Значительным объемом знаний уже обладали те сотрудники, кто занимался турбокомпрессорами и теорией лопаточных машин. Эти знания они приобрели, разрабатывая сложные газодинамические устройства в те еще времена, когда о ГТД и речи не было. Так, еще в 1944 г. М.Г. Дубинским была разработана методика расчета компрессорных решеток. Теперь навыки работы с лопаточной техникой надо было уточнять и расширять.

Группа М.Г. Дубинского на основе изучения немецких материалов и "живой" техники провела анализ потребной мощности двигателей для разных типов и размеров летательных аппаратов. Стало ясно, что тяговые характеристики реально существовавших ГТД фирм "Юнкерс" и "БМВ" не могли обеспечить высоких летно-тактических характеристик перспективных самолетов. Так, для бомбардировщика были необходимы двигатели с тягой не менее трех тонн. Так как таких ГТД в то время не существовало, то конструкторы тяжелых самолетов (в частности, в Германии) вынуждены были создавать силовые установки, состоявшие из связок двух-трех двигателей. Ознакомившись с результатами этого исследования, должного Б.С. Стечкиным, Микулин принял принципиально важное решение: будущий двигатель должен иметь тягу более трех тонн.

В декабре в перспективном отделе началась интенсивная работа по выбору схемы будущего ГТД. Рассмотрев продольные разрезы немецких двигателей и компоновки, предложенные своими конструкторами, Александр Александрович все это отверг: будущий "трехтонник" получался слишком тяжелым и длинным. В этот период Микулин познакомился с Архимом Михайловичем Лялюка, который показал ему свой двигатель С-18, также выполненный по классической схеме: вытянутые в одну линию компрессор, камера сгорания, турбина и реактивное сопло.

В конце декабря Микулина несколько дней не было на заводе: он болел. Тут необходимо сделать небольшое отступление. Все признавали, что у Александра Александровича был незаурядный актерский талант. Им он пользовался в ходе выступлений и лекций, а также при произнесении официальных речей. Людей, с ним впервые встречавшихся, прежде всего поражала внешняя "несовместимость" его большой, массивной фигуры и высокого тонкого голоса. Речь Микулина всегда была образной, а высказываемые им мысли - четко отточенными. Он любил говорить кратко, понятно для слушателей любого уровня, включая, что очень было важ-



Двигатель АМТКРД-01



но, руководителей государства, которые в то время не всегда имели должный образовательный уровень.

Так вот, когда Микулину надо было отвлечься от заводских дел, он уезжал "болеть", чтобы подумать, а может быть и для других целей... Спустя несколько дней, неожиданно "выздоровев", Александр Александрович приехал на завод и сразу направился в перспективный отдел. На листе чистого ватмана он начал набрасывать схему нового двигателя. Пришли Б.С. Стечкин, С.К. Туманский... Рисовал Микулин отлично, графика у него была безупречная, а глазомер потрясающий: длину линии, даже более чем полуметровой, он определял с точностью до миллиметра...

Через полчаса на доске появилась схема двигателя, которая своей новизной и оригинальностью поразила всех присутствующих. Главная особенность заключалась в том, что камеры сгорания располагались... вокруг осевого компрессора. Такая компоновка решала сразу несколько задач. Сокращалась длина двигателя, и он легко вписывался в каплеобразную оболочку (капот силовой установки). Вместо необходимых для классической схемы трех-четырёх опор ротора здесь было только две. Соответственно, существенно уменьшался вес всей конструкции.

Микулин еще не кончил рисовать, а это был именно рисунок, как Стечкин задал первый вопрос: представляет ли Александр Александрович, какие потери будут при развороте воздушного потока сначала в одну сторону, а потом в другую... Микулин весело подмигнул окружающим и сказал: "А этим вопросом будет у нас заниматься Стечкин со своими аэродинамиками... А пока все, что вы видите - совершенно секретно: идея дальше стен этой комнаты уйти не должна!" Напомним, что как раз в то время Александр Александрович всюду говорил, что он занимается только поршневой техникой. Он хорошо знал: как только в наркомате станет известно, что он начал работать над ТРД, немедленно руководство "сгенерирует" приказ с невыполнимыми ТТЗ и сроками.

В начале января одного из авторов статьи (Л. Берне) вместе с ведущим конструктором перспективного отдела И. Кизельштейном (впоследствии первым заместителем главного конструктора Тураевского ОКБ "Союз") вызвали к главному конструктору.

*"Завтра поедете в Казань на завод № 16 к С.Д. Колосову, который занимается двигателями фирмы "БМВ", - поставил задачу Микулин. - Выясните состояние дел у них, постарайтесь получить продольный разрез БМВ-018, а главное - узнайте, какие материалы они применяют в горячей части двигателя. Ознакомьтесь с испытательной станцией и экспериментальными лабораториями. Если будут трудности, сразу звоните".*

Скажем прямо - в Казани нас встретили не слишком ласково. Микулинцы долго не могли попасть к Колосову, а когда попали, то вместо ответов услышали вопросы, аналогичные тем, что поручил выяснить Микулин. После короткой беседы Сергей Дмитриевич поручил заниматься гостями своему заместителю Федору Владимировичу Концевичу (в прошлом конструктору 9-цилиндрового мотора воздушного охлаждения М-38).

Надо сказать, что во время войны на заводе № 16 находилось ОТБ (Особое техническое бюро НКВД), более известное как "шарага". В нем трудились такие выдающиеся деятели отечественной науки и техники как С.П. Королев, Б.С. Стечкин, В.П. Глушко и др. После ликвидации ОТБ (сразу после войны) часть "зэков" изъявила желание остаться в качестве вольнонаемных на заводе № 16. Среди них был и Ф.В. Концевич. В беседе с нами он сразу заявил, что чертежи покажет лично, но никаких копий снимать не даст. Поскольку на испытательной станции в то время работы не велись, то и де-

лать там нечего... Чтобы позвонить по "ВЧ" Микулину следует попросить разрешения у директора, но тот сейчас в командировке в Москве... Ну, и так далее.

Вечером "гости с 300-го", как их назвал Концевич, с городской телефонной станции позвонили Микулину. На следующий день, едва мы переступили порог проходной, нас попросили зайти в дирекцию. И.о. директора Н.А. Бирюков - позже он был заместителем начальника ЛИИ - сама любезность, просит прощения за своих подчиненных, которые "не так поняли, зачем приехали гости с 300-го". Все чертежи, которые микулинцы отберут, будут скопированы, все необходимые пояснения будут даны! Оказывается, накануне в Казань позвонил заместитель министра М.М. Лукин, ранее работавший директором завода, он и дал соответствующие указания... После этого Концевич и Колосов весьма подробно ответили на все наши вопросы. Они откровенно рассказали, что построить двигатель, подобный БМВ-018, у них сейчас сил нет, а работать, скорее всего, они будут над его турбовинтовой версией. Эту задачу они выполнили, и в 1950 г. коллектив, занимавшийся с ТВД, перевели в Николаев, где было создано новое предприятие, известное сегодня как НПП "Машпроект" имени С.Д. Колосова.

По прибытии в Москву "казанская делегация" доложила итоги поездки. Стало ясно, что созданием двигателя большой размерности, сопоставимой с той, что задумал Микулин, никто в стране не занимается. Тем серьезней оказалась задача, поставленная перед ОКБ и заводом, тем значительней мог оказаться и результат для всей авиационной промышленности.

В конце января 1946 г. перспективный отдел и расчетчики закончили эскизное проектирование будущего двигателя. Начало февраля ознаменовалось тем, что Микулин поставил задачу всем службам завода: готовиться к созданию турбореактивных двигателей. По сути дела, необходимо было перестроить весь завод, ведь производство газотурбинных двигателей практически не имело ничего общего с изготовлением поршневых моторов. Производственники и технологи начали спешно разбираться с тем оборудованием и технологической документацией, которые привезли из Германии. Для начала все было свалено с заводской железнодорожной ветки на площадку под открытым небом, теперь наступила пора с этим богатством разбираться.

Большие проблемы возникли с созданием испытательной базы. В то время испытания опытных микулинских моторов проводились филиалом предприятия, располагавшимся на территории завода № 45 в бывших боксах конструкторского бюро завода № 24, который, в свою очередь, был переведен в годы войны на новую территорию вблизи Куйбышева (ныне Самара). Положение осложнялось тем, что в начале 1946 г. там полным ходом шли испытания мотора АМ-39ФН-2. Микулин принял решение: как ни трудно, один из четырех боксов остановить, и на его основе (стены, пол и потолок) создать бокс для испытаний ТРД.

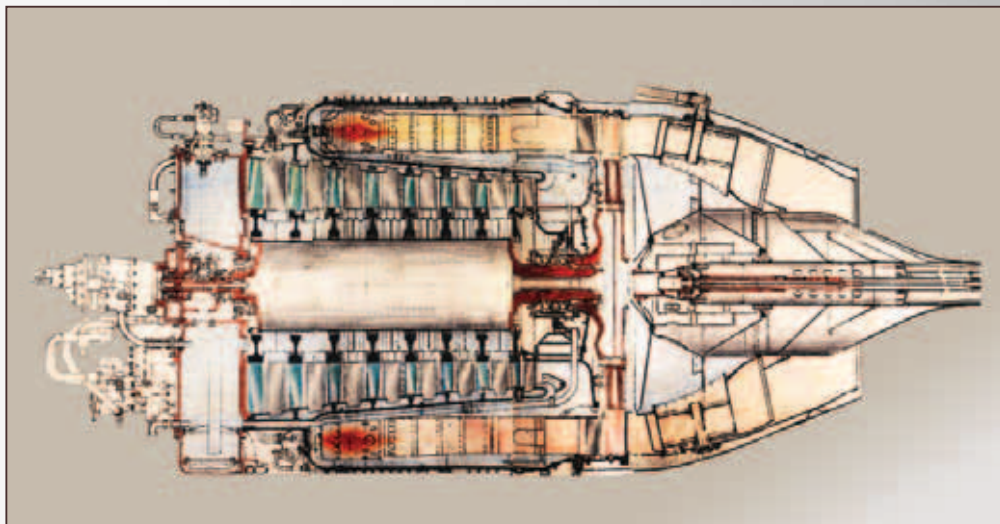


Схема двигателя АМТКРД-01



Туманский С.К.

Одновременно было решено на территории завода № 300, рядом с главным производственным корпусом, построить испытательный бокс открытого типа. Было абсолютно ясно, что никакие инстанции не разрешат разместить в шести километрах от Кремля источник оглушительного шума. Поэтому Микулин прибег к хитрости и назвал это сооружение ВИСом (временная испытательная станция). Перед своими сотрудниками Микулин поставил промежуточную задачу: для проверки функционирования ново-

го комплекса провести испытания немецких ГТД. При этом он распорядился силами филиала завода на установке № 3 испытать БМВ-003, а на ВИСе - ЮМО-004.

26 февраля 1946 г. за подписью Сталина вышло историческое для завода постановление Совета Министров СССР № 472-191, в соответствии с которым на завод и лично на Микулина возлагалась ответственность за проектирование и строительство опытных турбореактивных двигателей. В экстренном порядке Микулин собрал всех руководителей подразделений завода, сообщил о выходе постановления и заявил, что все работы по созданию ТРД отныне приобрели первостепенное значение, на решение которых должна направляться вся деятельность завода. Микулин предупредил, что двигатель необходимо спроектировать, изготовить и испытать в текущем году.

К решению почетной и ответственной задачи были подключены все творческие силы коллектива: газодинамики, конструкторы, прочнисты, технологи, металлурги, производственники, экспериментаторы, испытатели, энергетики, работники заводских служб. Мало сказать, что работы шли напряженно. На заводе одной из наиболее ходовых фраз стала любимая Микулиным формулировка: "Выполнить и доложить завтра к 10 часам утра". Коренным образом Микулин изменил структуру ОКБ. Группа нагнетателей превратилась в группу компрессоров. Ее возглавил П.Ф. Зубец, впоследствии главный конструктор ОКБ завода № 16. Группа турбокомпрессоров стала группой турбин. Во главе ее поставили В.И. Сорокина, впоследствии он стал главным конструктором ОКБ на заводе № 26. Кроме того, Микулин пригласил на завод видных конструкторов из других организаций. Была создана новая группа камер сгорания, которую возглавил М.А. Коссов, ранее работавший главным конструктором моторов малой размерности серии МГ. Для разработки узлов с шестеренчатыми передачами развернули группу редукторов. Одновременно Александр Александрович пригласил на должность заместителя главного конструктора В.Н. Доллежаля - самого крупного в то время специалиста по авиационным нагнетателям и редукторам.



Зубец П.Ф.

Сам Александр Александрович большую часть времени проводил в разных группах ОКБ у кульманов. Он выдавал одну идею за другой: работа над компоновками была его любимым делом. К апрелю стали вырисовываться основные габаритные размеры, предварительно определились масса и параметры двигателя. Микулин доложил о прикидках в МАП (так с этого месяца стал называться руководящий орган авиапромышленности). 17 апреля 1946 г. Сталин подписал постановление Совета Министров СССР № 872 364 "О создании реактивного двигателя АМТКРД 01". Его содержание полностью соответствовало планам Микулина:

"1. Принять предложение главного конструктора академика Микулина А.А. о создании им мощного реактивного двигателя

АМТКРД-01 со следующими данными:

- а). Тяга на земле - 3300 кг ( $\pm 100$  кг).
- б). Наружный диаметр - 1380 мм ( $\pm 30$  мм).
- в). Длина - 3300 мм ( $\pm 100$  мм).
- г). Удельный расход топлива - 1,2 ( $\pm 0,1$  кг/кгс·ч).
- д). Вес 1400 кг ( $\pm 100$  кг),

и обязать тов. Микулина обеспечить в 1946 году строительство не менее 5 экземпляров, и проведение не менее чем 25-ти часовых стендовых испытаний двигателя с указанными выше данными.

2. Тов. Хруничеву М.В.:

а). Обеспечить финансирование опытных работ по созданию двигателя.

б). Обеспечить срочное и полное удовлетворение потребностей завода №300 по материально-техническому обеспечению всех работ по созданию двигателя АМТКРД-01.

3. Поручить Заместителю Председателя Совета Министров СССР тов. Вознесенскому Н.А. в 3-х дневный срок рассмотреть предложения МАП о мерах неотложной помощи ОКБ и заводу № 300 академика Микулина А.А. и представить их на утверждение Бюро Совета Министров".

Постановление более чем серьезное. В списке рассылки первым стояла фамилия Л.П. Берии. На заводе № 300 начался новый этап, вошедший в историю как "турбореактивный".

В этот период Микулин, забыв про все свои болезни, рано приезжал на завод. Уезжал, когда основные вопросы были решены, иногда и ночью. Большую часть времени он проводил у кульманов. Наиболее ответственными и сложными были узлы опор двигателя. Переднюю опору разрабатывал Б.Н. Лесун - заместитель Зубца по группе компрессоров.

Задней опорой занималась группа В.Н. Сорокина. Необходимо отметить, что, создавая новую организационную структуру ОКБ, Микулин считал необходимым учитывать положительный опыт работы, накопленный ранее. Так, он оставил в группе Виталия Николаевича бригаду расчета турбины, как это было раньше, когда шла работа по турбокомпрессорам. В то же время бригада расчета компрессоров была выделена в отдельную группу, которую возглавил Яков Львович Фогель - один из наиболее талантливых специалистов по лопаточным машинам, умело сочетавший глубокое знание теории и большой практический опыт.

Микулин ежедневно успевал бывать во всех конструкторских группах. Он давал десятки предложений, которые конструкторы прорабатывали, но далеко не все его идеи принимались. То, что потом ложилось на окончательный чертеж, было оригинально и талантливо. Больше всего времени Александр Александрович проводил в перспективном отделе у В.И. Базарова. Здесь к тому времени была разработана компоновка нового двигателя. В процессе работы именно в отделе Базарова проходила увязка всех стыковочных размеров отдельных узлов, которые проектировались в группах.

Необходимо отметить, что Микулин, тонко разбирающийся в людях, очень умело подбирал сотрудников. Поэтому неудивительно, что к этому времени у него трудилась большая когорта наиболее талантливых конструкторов тогдашнего СССР. Тут надо добавить, что у Александра Александровича был такой авторитет, что каждому инженеру было лестно сказать: "Я работаю у Микулина!" И несомненной звездой первой величины в ОКБ считался Владимир Иванович Базаров: талантливый конструктор, получивший еще в 1923 г. патент на двигатель, состоящий из осевого компрессора и турбины внутреннего сгорания. Он обладал редким даром, сочетая широту конструкторского решения с изяществом детальной проработки. Будучи блестящим инженером, имеющим огромный авторитет, Владимир Иванович в то же время оставался скромным и даже застенчивым. Порой между Микулиным и Базаровым возникали разногласия при решении творческих задач, причем, несмотря на совершенно разные характеры и разное положение, Владимир Иванович в спорах бывал твердым и бескомпромиссным.

Микулину не всегда это нравилось, но на следующий день принятое накануне решение со свойственным ему напором претворял в жизнь. Создание машины, а особенно такой, как



газотурбинный двигатель, - процесс сложный и мучительный. В нем участвует много людей разной степени таланта, работоспособности и настойчивости в принятии того или иного решения. Поэтому иногда получается, что менее талантливый, но более напористый инженер проталкивает свой вариант, ...а потом выясняется, что он был далеко не лучшим. Процесс конструирования не заканчивался выпуском рабочих чертежей. После этого начинался нервный и напряженный этап доводки.

Очень сложной оказалась организация изготовления деталей нового двигателя. Технологам и производственникам приходилось заново учиться, как изготавливать лопатки, большие корпусные детали, жаропрочные диски и т.д. Как только технолог начинал решать, как сделать ту или иную деталь, у него сразу возникали мысли о ее конструктивном упрощении, о том, нельзя ли изменить тот или иной размер. А конструкторами уже все увязано, и любое изменение ведет к цепочке повторных решений, к новым срокам...

Микулин часто говорил, что авиадвигатели относятся к той разновидности техники, которая может устареть еще до передачи в эксплуатацию, если процесс ее создания растягивается на длительное время. Когда ОКБ приступило к проектированию АМТКРД-01, он считал необходимым, чтобы технологи уже на раннем этапе были привлечены к его созданию. Для этого Микулин решил включить технологов в конструкторские бригады, чтобы технологическая проработка чертежей проводилась непосредственно в процессе проектирования. С тех пор чертеж выходил с двумя подписями: конструктора и технолога. Чуть позже в работу включились металлурги. Немного сложнее, но быстрее вдвое! Когда появились компоновки узлов двигателя, к отработке были привлечены экспериментаторы и испытатели. В апреле 1946 г. конструкторы закончили эскизное проектирование и приступили к выпуску рабочих чертежей.

Двигатель АМТКРД-01 состоял из четырех основных узлов:

- осевого восьмиступенчатого компрессора;
- противоточной камеры сгорания с 22 индивидуальными форсунками, которые вставлялись в гильзы, расположенные вокруг компрессора в общем кожухе;
- одноступенчатой газовой турбины;
- реактивного сопла с изменяемой площадью сечения.

Компрессор состоял из ротора (вала с дисками) и узла спрямляющих аппаратов. Соединение ступеней (сборка компрессора) производилась путем последовательной напрессовки дисков на вал и присоединения соответствующей ступени спрямляющего аппарата. Ротор компрессора крепился на двух опорах. На выходе из компрессора для поворота воздушного потока устанавливались поворотные аппараты однолопаточного типа.

Камеры сгорания имели гидравлические решетки в передней части, куда вставлялась форсунка. Задней своей частью камера опиралась на переходники соплового аппарата турбины. Конструкция обеспечивала свободу перемещения камеры при изменении температуры.

Турбина включала в себя сопловой аппарат с корпусом и собственно колесо турбины. Крепление реактивного сопла к корпусу соплового аппарата осуществлялось болтами. Между фланцами ставилась стальная прокладка. Управление реактивным соплом - электрическое, усилие передавалось с помощью металлического троса.

Регулировка подачи топлива обеспечивалась автоматом дозирования топлива, а подача топлива - шестеренчатым насосом. Масляная система двигателя состояла из двухступенчатого масляного насоса (отсасывающей и нагнетающей ступеней), поддона, масляного фильтра, масляного радиатора и бака, расположенного на борту самолета.

Основным топливом служил авиационный керосин. В качестве резервного можно было применять смесь из 25 % авиационного бензина, 72 % керосина и 3 % масла МС или МК. Запуск двигателя на стенде производился мощным электромотором через штангу с храповиком, соединенным с ротором.

Хотя окончательный вид двигателя определился, оставалось еще немало вопросов, вызывающих сомнение. Тем не менее, Мику-

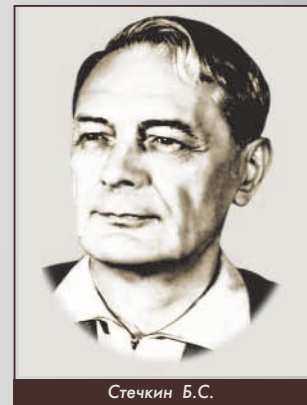
лин, учитывая важность создания двигателя, в июне 1946 г. "пробил" решение правительства о подключении московского завода № 45 к изготовлению малой серии АМТКРД-01. Уже 21 июня заводу № 45 был передан комплект технической документации - всего 970 рабочих чертежей.

Однако завод № 45 так и не освоил производства АМТКРД-01. Мотивируя неотработанностью конструкции двигателя и обилием поступавших изменений, завод изготовил только 5 комплектов деталей и агрегатов к нему, причем из-за разного рода недоразумений собрать работающий ТРД из них без определенных доработок было невозможно. Все изготовленные комплекты двигателя пришлось "доводить до ума" заводу № 300. Микулин планировал к концу года иметь 5 двигателей, но к 10 декабря с большим трудом был собран всего один.

Почему же завод № 45 не выполнил постановление правительства и приказ Министра № 479 от 23 июня 1946 года? Дело в том, что в середине 1945 г. на завод № 45 был переведен с завода № 24 в качестве главного инженера Анатолий Александрович Куинджи - легенда советского моторостроения, давний соратник и главный оппонент Александра Александровича. В это время у Архипа Михайловича Люлька уже работали на стендах двигатели С-18 и ТР-1, в изготовлении которых активно участвовал завод № 45. Куинджи был личностью в какой-то степени похожей на Микулина: большой, умный, с огромным авторитетом и так же, как Александр Александрович, вхожий в приемную первых лиц государства. Он поддержал А.М. Люлька, и они вместе убедили Сталина в перспективности двигателя ТР-1. Учитывая ограниченный производственный потенциал завода № 165, завод № 45 сделали ведущим по двигателям Люлька. Поэтому Микулин не мог, как он это обычно делал, апеллировать к "верхам". Тогда он сосредоточил свои основные усилия на увеличении производственных возможностей собственного завода.

Заметим, что директор завода № 45 М.С. Комаров и А.А. Куинджи свои обязательства перед А.М. Люлька выполнили. На заводе № 45 даже развернули испытательную станцию для изделий, сконструированных на заводе № 165. Первые опытные двигатели ТР-1 были собраны и прошли Государственные испытания на стенде завода № 45. Убедившись в том, что завод № 45 "переориентировался", Микулин предпринял ответные шаги. По распоряжению Александра Александровича на заводе № 300 началось строительство большой современной испытательной станции, лабораторного корпуса, стали расширяться и производственные цеха.

Когда основной объем конструкторской документации был выпущен, настала очередь производителей непосредственно строить двигатель. Проблем уйма, и первая из них - как изготавливать лопатки компрессора. Было известно, что немцы их штамповали. Часть прессов и штампов с завода в Тауша микулинцы получили в качестве репараций с поверженной Германии. Прессы привели в порядок и стали экспериментировать. Естественно, для изготовления лопаток АМТКРД-01 немецкие штампы оказались непригодными - пришлось изготовить свои. После прессования заготовки нуждались в механической доработке. Процесс ручной шабровки - долгий и мучительный - сразу был отброшен. Впервые в отрасли на заводе № 300 применили приспособления для механической обработки лопаток компрессора и турбины на фрезерном станке по объемному копиру.



Стеткин Б.С.



Должеваль В.Н.



Вскоре после этого удалось наладить штамповку лопаток компрессора без припуска на механическую обработку. Метод был настолько новый, что вначале решили ввести "доводочную" шлифовку, но эта операция оказалась не только лишней, но и вредной - лопатки получали недопустимые отклонения от чертежа.

Широкое распространение в отечественной и мировой практике получили универсально-сборные приспособления (УСП). Эти устройства позволяли обходиться без дорогостоящего оборудования для установки, фиксации и укрепления деталей на станках. УСП складывались из отдельных кубиков и параллелепипедов по типу детского конструктора, т.е. являлись универсальной оснасткой. Но мало кто знает, что изобретателями этого гениального по простоте метода крепления были инженеры завода № 300: Виктор Александрович Пономарев и выпускник академии им. Н.Е. Жуковского Владимир Семенович Кузнецов. Микулин сразу высоко оценил это предложение и дал ему зеленую улицу.

Сложно обстояло дело с камерами сгорания. Круглые сутки работала лаборатория Кузьмина, подбирая различные конфигурации камеры, размеры отверстий для прохода воздуха и варианты их расположения. Задача заключалась в том, чтобы не только обеспечить работоспособность теплонапряженной камеры, но и создать равномерное поле температур горячих газов на выходе, где струя раскаленных газов поступала в сопловой аппарат турбины. Микулин ежедневно приходил в лабораторию, чтобы полюбоваться на красочные рисунки полей температур, потом шел в ОКБ в группу камер сгорания, где давал те или иные указания о том как, что и где изменить. Когда другие элементы двигателя были уже готовы, и следовало запустить в производство камеры, Александр Александрович выбрал ту, у которой было получено на тот момент наиболее оптимальное поле температур газа перед турбиной. Несмотря на заклинания В.Е. Кузьмина и его сотрудников, что можно сделать еще лучше, учитывая сроки и принцип "лучшее - враг хорошего", Микулин на чертеже написал: "На сборку!"

Помимо технологических сложностей завод столкнулся с огромными трудностями при "выбивании" необходимых материалов и комплектующих агрегатов. Можно было понять и поставщиков: для них продукция также являлась совершенно новой. Наиболее сложными задачами по праву считались создание жаропрочных сплавов и высоконагруженных скоростных подшипников. Но Микулин не желал отступать перед трудностями и требовал того же от других. Вот образец его настойчивости. По настоянию А.А. Микулина министр

М.В. Хруничев направил следующее письмо (обратите внимание на адресата!):

*"Секретно  
Заместителю председателя Совета Министров Союза ССР  
товарищу Берия Л.П.*

*Совет Министров Союза ССР постановлением № 872-364 от 17 апреля с.г. принял предложение академика Микулина А.А. о создании им в 1946 г. мощного реактивного двигателя АМТКРД-01 и обязал тов. Микулина А.А. обеспечить в 1946 году проектирование, строительство 5 экземпляров и проведение 25 часовых стендовых испытаний.*

*Руководимый академиком Микулиным А.А. завод № 300 в сжатые сроки разработал чертежи конструкции, произвел технологическую и производственную подготовку и приступил к изготовлению деталей двигателя.*

*В целях оказания заводу № 300 неотложной помощи в создании указанного двигателя Совет Министров постановлением № 1024-422сс от 13 мая с.г. обязал:*

*1. Министерство черной металлургии (тов. Тевосяна) изготовить из жароупорной стали лист специальных габаритов и профильный жароупорный прокат по спецификациям заказчика в количествах и в сроки по согласованию с Министерством авиационной промышленности.*

*Однако в установленные сроки, а также в срок к 5-му августа, обусловленный вторичным постановлением Совета Министров № 1637 - 724 от 27 июля с.г., требуемый металл не поставлен. В результате чего свыше 228 наименований деталей двигателя не могут быть запущены в производство.*

*2. Министерство автомобильной промышленности (тов. Аколова) изготовить 50 комплектов двух типоразмеров шариковых подшипников по техническим условиям, согласованных с заводом № 300, и обеспечить поставку их к 30.06, а вторичным постановлением № 1637-724сс - к 5 августа с.г.*

*В указанные сроки требующиеся подшипники также не изготовлены.*

*На основании изложенного, в целях недопущения срыва установленных Правительством сроков создания реактивного двигателя тов. Микулина, прошу Ваших указаний Министерству черной металлургии и автомобильной промышленности.*

*М. Хруничев"*

*(Продолжение следует)*

## ► ИНФОРМАЦИЯ

### "Механизм термоакустических автоколебаний"

Под таким названием вышла из печати монография Б.И. Малинина, заместителя начальника отдела ЦИАМ.

Вибрационное горение, приводящее к разрушению теплонапряженных конструкций, превратилось в трудно разрешимую проблему при создании камер сгорания ракетных и авиационных двигателей, особенно когда необходимо избавиться от автоколебаний поперечной формы, обладающих большой разрушительной силой. Универсальной теории механизма возникновения поперечных колебаний газа в настоящее время не существует, поэтому двигатели проходят долгий путь доводочных работ, связанных с устранением таких

колебаний. В связи с высокой стоимостью исследований натуральных камер сгорания колебательные процессы обычно воспроизводят на моделях. Преимущества модельных испытаний очевидны: меньшие затраты, мобильность испытаний, большой объем информации и др. Представленный в книге цикл исследований поперечных колебаний газа в камере сгорания был выполнен в период с 1993 по 2000 г. Исследовалось влияние конструктивных и режимных параметров на устойчивость процесса горения и выявлялись факторы, способствовавшие возникновению в камере поперечных колебаний газа при сжигании в ней однородной горючей смеси бензина и воздуха. Автором впервые обнаружен эффект

влияния резонансных свойств газовых каналов на устойчивость процесса горения (что было использовано при доводке камер сгорания ЖРД замкнутой схемы 11Д51, 11Д53, 11Д59, выпускавшихся Куйбышевским заводом "Моторостроитель").

Уникальные данные о влиянии длины камеры сгорания, диаметра этой камеры и газовых каналов форсуночной головки на устойчивость процесса горения, полученные в ходе исследований, особенно актуальны при разработке камер сгорания двигателей следующего поколения. Впервые удалось объяснить механизм самовозбуждения и самоподдержания поперечных колебаний газа в камере сгорания, как термоакустической автоколебательной системы (меха-

низм вибрационного горения), найти и описать все элементы конкретной автоколебательной системы и объяснить их взаимодействие. Стало ясно, что подобие модельных и натуральных камер сгорания необходимо искать в общности акустических свойств рассматриваемых систем камер сгорания.

В качестве выводов даны рекомендации по проектированию натуральных камер сгорания ЖРД, наиболее устойчивых к возбуждению поперечных колебаний газа, на основе обобщения экспериментальных данных, полученных на модельных камерах сгорания. Результаты представленного цикла исследований могут быть использованы также и в форсажных камерах сгорания ГТД.

**Соб. инф.**

# ЗАЩИТНИК

## (к 60-летию битвы под Москвой)

Валерий Гуров

В декабре нынешнего года исполняется 60 лет с тех пор, как началось контрнаступление советских войск под Москвой. Впервые в истории фашистский вермахт заставили отступить на 100–250 километров, впервые был развеян миф о непобедимости германской военной машины. За победу в Московской битве страна заплатила жизнями лучших своих сынов и дочерей, ушедших на фронт. Многие остались лежать в полях меж Москвой и Вязьмой, но и враг оказался в нокдауне. Лишь к весне сорок второго немцы смогли оправиться после подмосковного поражения.

В наших местах испокон веку приходилось обороняться от всяких врагов - то с востока, то с запада. А когда не было врагов извне, так начинались внутренние распри, что только успевай поворачиваться. Поневоле стойкость вошла в отечественный национальный характер.

Один из завершающих этапов нашего отступления в битве за Москву был ознаменован уникальным эпизодом противостояния 85-мм зенитных артиллерийских орудий и наступающих фашистских танков. На агитационном плакате 1946 г., выпущенном к пятилетию московской битвы, были помещены восемь портретов защитников столицы. Среди них и известный летчик Виктор Талалихин, таранивший немецкий самолет ночью, и малоизвестный Гайк Шадунц - командир орудийного расчета.

Уроженец далекого Карабаха, он был призван в армию в 1940 г. и с первых дней войны защищал небо Москвы на дальних подступах к столице. После прорыва немецких танков орудийный расчет зенитки, где старшим остался Шадунц, едва не был раздавлен гусеницами бронированных машин противника. Но зенитчики не растерялись: они опустили стволы орудий параллельно земле и в упор расстреляли преследователей! Атака врага захлебнулась. Немецкие танки не смогли оседлать Дмитровское шоссе в районе Лобни. Закончив бой, расчеты зачехлили зенитки и благополучно добрались до своих.

За проявленное мужество Гайк Шадунц в трудном 1941 г. был награжден орденом Боевого Красного Знамени. Описанный выше эпи-

зод нашел отражение в художественном фильме "У твоего порога".

Довоевал зенитчик до самого конца войны, а потом почти каждый год приезжал в те, навсегда оставшиеся в памяти, места, где ему пришлось драться с рвавшимися к столице неприятельскими танками. Последняя встреча Шадунца с жителями города Лобни, почетным гражданином которого он являлся, произошла 9 мая 2001 г. у памятника с зенитным орудием, преградившим немцам путь к Москве. Он говорил о том, чем жил все время: о настоятельной необходимости высокого служения Отчизне на любом посту как главном гражданском предназначении человека.

В сентябре нынешнего года, преодолевая тяжелую болезнь, Гайк Авакович исполнил свой последний гражданский долг: пронес знамя, под которым сражались защитники неба Москвы в 1941 г., в зале заседаний городской мэрии на торжественном приеме в честь юбилейного события - 60-летия успешного отражения германских авианалетов на столицу. Но годы берут свое, и недавно он оставил нас в возрасте 82 лет. Данью признательности Герою за верное служение России стали емкие и краткие слова, высказанные на гражданской панихиде 12 ноября 2001 г. Геральдом Парфеновым, заместителем генерального директора ЦИАМ (почти 50 лет, до последнего времени, Шадунц работал в Центральном институте авиационного моторостроения на высоких должностях): "Гайк Авакович одинаково беззаветно защищал небо Москвы в годы войны и дело советского авиамоторостроения в мирное время". ◀

### ► ИНФОРМАЦИЯ

31 мая 2001 г. исполнилось десять лет Ассоциации авиационного двигателестроения. Этому событию был посвящен "День АССАД", организованный на прошедшем международном авиасалоне "МАКС-2001".

Традиционный сбор двигателестроителей в Жуковском на одном из крупнейших международных авиасалонов был отмечен весьма примечательным событием: впервые удалось собрать в отдельную организацию агрегатостроителей страны.

Агрегаты газотурбинных авиационных двигателей по сложности конструкции и организации производства сравнимы с самим авиадвигателем. Своеобразие этой отдельной и весьма непростой отрасли авиационного двигателестроения, каждое из предприятий которой имеет свои традиции, интересы и цели столь же велико, как и у самолетостроителей. По этой причине только теперь руководителям подотрасли удалось согласовать совместные действия.

Новая структура получила название "Агрегатная секция НТС АССАД". Она будет координировать все кардинальные производственные, материальные и управленческие вопросы совместной политики в научных и производственных организа-

циях агрегатной отрасли. Председателем секции избран главный конструктор НПП "ЭГА" Виктор Зазулов, а его заместителями - главный конструктор ОАО "СТАР" Юрий Дудкин и начальник отдела ЦИАМ Оскар Гуревич.

Будем надеяться, что новая организация сможет помочь еще одной обширной научной и производственной группе моторостроителей решить большинство проблем, накопившихся за последнее время.





# Двигатели 2002

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА



ВВЦ, 16-20 апреля



Ассоциация  
"Союз авиационного двигателестроения"

*Только здесь Вы сможете  
ознакомиться с новыми  
достижениями в области  
авиационного, космического,  
транспортного и  
индустриального  
двигателестроения  
ведущих стран мира.  
Не пропустите шанс,  
планируйте свое участие.*

**В рамках выставки  
научно-технический симпозиум  
"Двигатель и экология"**

По вопросам выставки и симпозиума  
обращаться по адресу:  
105118, Москва, проспект Буденного, 19  
Тел./Факс: [095] 366-0916, 366-4588  
assad@assad.ru www.assad.ru



# ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ СТАНКИ "СОДИК"

Все остальное - XX век!

Совершенство без компромиссов!



## КОординатно-прошивочная ЭЭ обработка:

*Быстрее и качественнее скоростного фрезерования!*  
ОДИН "ЛИНЕЙНЫЙ" ЭЭ СТАНОК ВМЕСТО ДВУХ ОБЫЧНЫХ.

## Проволочно-вырезная ЭЭ обработка:

ПОВЕРХНОСТЬ 7-ГО КЛАССА ШЕРОХОВАТОСТИ  
ВСЕГО ЗА ДВА ПРОХОДА ВМЕСТО ТРЕХ!  
9-ГО КЛАССА - ЗА ТРИ ПРОХОДА ВМЕСТО ПЯТИ-ШЕСТИ!  
ВЫСОЧАЙШАЯ ТОЧНОСТЬ.

Электроэрозионные  
станки **Sodick** -  
выбор по законам  
физики!

**Sodick** - выбор,  
диктуемый здравым  
смыслом!



**Линейные  
двигатели-  
будущее  
станкостроения!  
Будьте  
первыми!**

Быстрая поставка.  
Оперативное и  
эффективное  
техническое  
обслуживание!  
Стабильное снабжение  
частями и материалами!

Уже 9 лет качество ЭЭ  
станков  
**Sodick**  
подтверждает  
в России (СНГ)  
гарантия на 2 года!



### СВЕРХНИЗКИЙ ИЗНОС ЭЛЕКТРОДА

Для обработки всех лопаток такой турбины  
электроэрозионному станку "СОДИК" требуется  
всего 4 электрода и 1 неделя!!!

Обработка колеса турбины из жаропрочного никелевого сплава на станке с  
5-осевым одновременным управлением.

Малый межлопаточный канал - 2,3 мм. Общий объем съема - около 3300 мм<sup>3</sup>.  
Толщина модифицированного слоя в пределах 1...2 мкм.

### 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.  
Моментальная поставка расходных материалов и частей за рубли со склада в Москве.  
Лучшее в России (СНГ) оперативное техническое обслуживание оборудования.

Представительство в Москве:  
Тел.: (095) 725-3603, 214-9801.  
Факс: 214-1842.  
E-mail: [sodicom@sodick-euro.ru](mailto:sodicom@sodick-euro.ru)  
[www.sodick-euro.ru](http://www.sodick-euro.ru)  
Технический центр: (095) 964-2598.



**МОСКВА 2002**

Организатор Третьего  
Международного Форума  
"Высокие технологии оборонного  
комплекса"

Правительство Москвы,  
Комитет по реформированию  
оборонных предприятий  
121019, Новый Арбат, 15 (офис 914).  
Тел.: (095) 202-8071, 290-3685.  
Факс: (095) 291-4031.  
E-mail: Krop@mos.ru

Организатор Международной  
конференции  
Российский фонд развития высоких  
технологий  
101000, Москва, Малый  
Спасоглинищевский пер., 2/4.  
Тел.: (095) 206-9257.  
Тел./Факс: (095) 206-9801.  
E-mail: info@hitechno.ru

Организатор Выставки "Высокие  
технологии-2002"  
ООО "ЭКСПО-ЭКОС"  
113209, Москва, ул. Зюбинская, д. 6,  
корп. 2.  
Тел.: (095) 331-0501, 331-1333.  
Факс: (095) 331-0511, 331-0900.  
E-mail: expococos@nii-ecos.ru

Организатор участия зарубежных  
фирм и компаний в Форуме  
Московская Торгово-промышленная  
палата 117393, Москва, ул. Академика  
Пилюгина, 22.  
Тел.: (095) 132-0822.  
Факс: (095) 132-7429.  
E-mail: extrade@mtp.org

**ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ – ЧЕЛОВЕКУ И ОБЩЕСТВУ!**

# ТРЕТИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

# ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОРОННОГО КОМПЛЕКСА

The Third International Forum  
High Technology  
in the Defence Industries

22-26 апреля 2002 г.  
МОСКВА  
ВК ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»

[www.hitechno.ru](http://www.hitechno.ru)

